

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

О. В. ГАВРИЛЮК

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ»

*(для студентів 2 курсу усіх форм навчання напрямку підготовки
6.060101 «Будівництво»)*



ХАРКІВ
ХНАМГ
2011

Гаврилюк О. В. Конспект лекцій з дисципліни «Інженерна геологія»
(для студентів 2 курсу усіх форм навчання напряму підготовки 6.060101
«Будівництво») / О. В. Гаврилюк; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.:
ХНАМГ, 2011. –59 с.

Автор: О. В. Гаврилюк

*Рекомендовано кафедрою механіки ґрунтів, фундаментів і інженерної
геології, протокол засідання № 1 від 03.09.2010р.*

	ЗМІСТ	стор.
	План лекційних занять.....	4
Лекція 1	Загальні відомості про Землю.....	6
Лекція 2	Будова земної кори.....	12
Лекція 3	Природні геологічні процеси внутрішньої динаміки Землі.....	19
Лекція 4	Природні геологічні процеси зовнішньої динаміки Землі.....	24
Лекція 5	Гідрогеологія як наука. Загальні поняття про підземні води.....	27
Лекція 6	Класифікація підземних вод за умовами залягання та величиною напору.....	30
Лекція 7	Основи динаміки підземних вод.....	36
Лекція 8	Інженерна геологія як наука. Основи ґрунтознавства.....	42
Лекція 9	Інженерно-геологічні процеси та явища.....	51

ПЛАН ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ

Лекція 1. Загальні відомості про Землю

Питання:

1. Предмети, задачі та методи в геології.
2. Загальні відомості про Землю.
3. Температурний режим Землі.
4. Геохронологія Землі та шкала геологічного часу.

Лекція 2. Будова земної кори

Питання:

1. Класифікація та фізичні властивості мінералів.
2. Гірські породи.

Лекція 3. Природні геологічні процеси внутрішньої динаміки Землі

Питання:

1. Тектонічні рухи земної кори.
2. Сейсмічні явища та землетрус.
3. Вулканізм.

Лекція 4. Природні геологічні процеси зовнішньої динаміки Землі

1. Звітрювання і його основні типи.
2. Геологічна діяльність водотоків.
3. Геологічна діяльність вітру.

Лекція 5. Гідрогеологія як наука. Поняття про підземні води

Питання:

1. Види води в гірських породах.
2. Водні властивості гірських порід.
3. Генезис підземних вод.

Лекція 6. Класифікація підземних вод за умовами залягання та величиною напору

Питання:

1. Безнапірні підземні води.
2. Напірні підземні води.

Лекція 7. Основи динаміки підземних вод

Питання:

1. Основний закон руху підземних вод.
2. Справжня швидкість руху підземних вод та коефіцієнт фільтрації.
3. Дебіт плоского ґрунтового потоку.
4. Приплив підземних вод до водозабірних споруд.

Лекція 8. Інженерна геологія. Основи ґрунтознавства

Питання:

1. Предмети та задачі інженерної геології.
2. Класифікація ґрунтів за будівельними властивостями.
3. Фізико-механічні характеристики ґрунтів.
4. Гранулометричний склад ґрунтів.

Лекція 9. Інженерно-геологічні процеси та явища

Питання:

1. Просадка.
2. Суфозія та карст.
3. Зсуви та обвали.
4. Пливуни.

ЛЕКЦІЯ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗЕМЛЮ

Питання:

1. Предмети, задачі та методи в геології.
2. Форма, розміри та будова Землі.
3. Температурний режим Землі.
4. Геохронологія Землі та шкала геологічного часу.

1. Предмети, задачі та методи в геології

Геологія – наука про Землю (гео – Земля, логос – наука), яка вивчає земну кору в процесі її розвитку.

До найважливіших геологічних наук належать:

фізична або динамічна геологія, яка вивчає сучасні геологічні процеси і відновлює ці процеси у минулому;

мінералогія – наука про мінерали, їхній генезис, фізико-механічні властивості і використання у народному господарстві;

петрографія – наука про гірські породи, їхнє походження, хімічний і мінералогічний склад, структуру, текстуру, властивості, умови залягання і значення в народному господарстві;

історична геологія – комплексна наука, що вивчає історію розвитку Землі і органічне життя на ній;

інженерна геологія – це наука, що вивчає склад і властивості верхніх шарів земної кори і різні геологічні процеси, пов'язані з інженерною діяльністю людини;

гідрогеологія – наука про підземні води, їхній генезис, закономірності поширення, умови живлення і розвантаження, основний закон руху, фізико-хімічні властивості, зв'язок з поверхневими водами;

вчення про корисні копалини – вивчає усі природні мінеральні утворення, які можуть бути використані людьми або служити об'єктом для витягання металів, мінералів, хімічних елементів, необхідних народному господарству і т.д.

Геологія має в своєму розпорядженні 3 основні методи: метод спостереження, метод досліду або експерименту, метод висновку або логічної побудови.

Вживання цих методів в геології має свою специфіку.

2. Загальні відомості про Землю

Земля – третя від Сонця планета Сонячної системи, найбільша з планет земної групи. Земля утворилася близько 4,54 млрд. років тому, а незабаром після цього придбала свій єдиний природний супутник — Луну.

Фізичні характеристики Землі: екваторіальний радіус – 6378,14 км; полярний радіус – 6356,78 км; коло екватора – 40075 км; об'єм – $1,083 \times 10^{12} \text{ км}^3$; маса – $5,9737 \times 10^{24} \text{ кг}$; щільність – $5,515 \text{ г/см}^3$.

Форма Землі – геоїд. Наша планета має концентричну будову та складається з оболонок (геосфер) – внутрішніх і зовнішніх.

До внутрішніх геосфер відносяться: ядро, мантія й літосфера (рис. 1).

На поверхні Землі розташовуються зовнішні геосфери – гідросфера, біосфера і атмосфера. Безпосередньому спостереженню доступні атмосфера, біосфера, гідросфера та сама верхня частка земної кори.

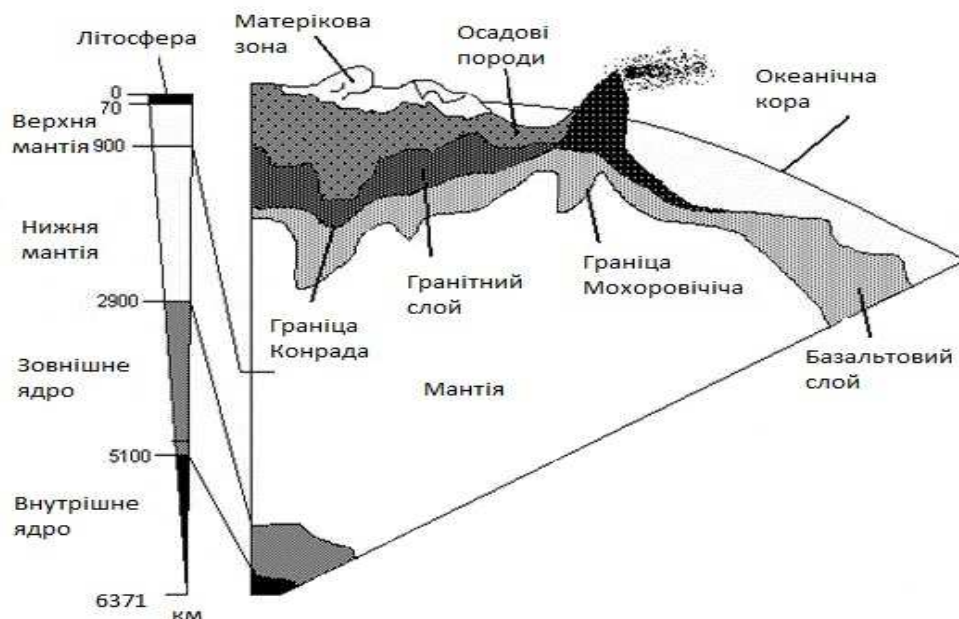


Рис. 1 – Будова Землі

Ядро – складається із залізо-нікелевого сплаву з домішкою інших елементів і починається з глибини 2900 км. Розділяється на тверде внутрішнє ядро діаметром 1225 км та щільністю $12,5 \text{ г/см}^3$ і рідке зовнішнє ядро діаметром близько 2200 км та щільністю 10 г/см^3 . Між ними інколи виділяється перехідна зона.

Мантия. Між корою і ядром розташована мантия Землі. Мантия займає близько 83% об'єму всієї Землі і складає до 67% її маси. Верхня мантия проходить по поверхні Мохоровічіча на різних глибинах – від 5–10 до 70 км, а нижня – над ядром на глибині близько 2900 км. Мантия Землі недоступна безпосередньому дослідженню: вона не виходить на земну поверхню і не досягнута глибинним бурінням. Вона складається з двох частин – нижньої і верхньої мантиї. Речовина в верхній мантиї перебуває в особливому пластичному, аморфному стані, близькому до розплавленого (товщиною близько 700 км). Внутрішня мантия завтовшки близько 2000 км перебуває в твердому кристалічному стані.

Літосфера – кам'яна оболонка Землі. Тверда оболонка Землі (літосфера) неоднакова по товщині в різних частинах планети. Під материками вона складає 35–70 км, а під океанами близько 5 км. Земна кора знизу обмежена поверхнею Мохоровічіча. Розрізняють континентальну кору (товщина від 35–45 км під рівнинами та до 70 км. в області гір) і океанічну (5–10 км). У будові першої є три шари: верхній (осадовий), середній (умовно називають гранітним), і нижній (базальтовий); у океанічній корі гранітний шар відсутній, а осадовий має меншу товщину. У перехідній зоні від материка до океану розвивається кора проміжного типу (субконтинентальна або субокеанічна). Земна кора схильна до постійних тектонічних рухів. У її будові виділяють рухливі області (складчасті пояси) і відносно спокійні – платформи.

Гідросфера – водна оболонка Землі. Гідросфера не утворює суцільного шару і покриває земну поверхню на 70,8%. Середня потужність її близько 3,8 км, найбільша – понад 11 км.

Гідросферу на 94% складають води Світового океану, 4,12% займають підземні води, а води озер – 0,016%. Хімічний склад гідросфери : від прісних до дуже солоних вод. Більше 98% всіх водних ресурсів Землі складають солоні води океанів, морів. Прісні води складають 2% загального об'єму гідросфери.

Атмосфера – газова оболонка Землі. Верхня її межа умовно знаходиться на висоті близько 3 тис. км. Атмосфера регулює розподіл тепла і вологи. Атмосфера складається на 78,1% з азоту, на 21% з кисню, на 0,9% з аргону та на 0,04% з діоксиду вуглецю. Підрозділяється на тропосферу, стратосферу, мезосферу і термосферу. Тропосфера охоплює близько 80% загальної маси атмосфери. Її потужність 8-10 км над полюсами, 16-18 км – над екватором.

Біосфера – сфера життєдіяльності організмів.

3. Температурний режим Землі

У земній корі розрізняють три температурні зони: зона змінних температур, зона постійних температур, зона наростання температур (рис.2).

Зміна температур в зоні змінних температур визначається кліматом місцевості. Добові коливання практично затухають на глибинах біля 1,5 м, а річні (сезонні) на глибинах 20-30 м.

У міру поглиблення в землю вплив сезонних коливань температур зменшується і на глибині 15-40 м знаходиться зона постійної температури, яка відповідає середньорічній температурі даної місцевості.

В межах 3-ої зони температура зростає з глибиною.

Величина наростання температури на кожних 100 м глибини називається *геотермічним градієнтом*, а глибина при якій температура підвищується на один градус – *геотермічним рівнем*.

Закономірне наростання температури з глибиною справедливо лише до деякої глибини.

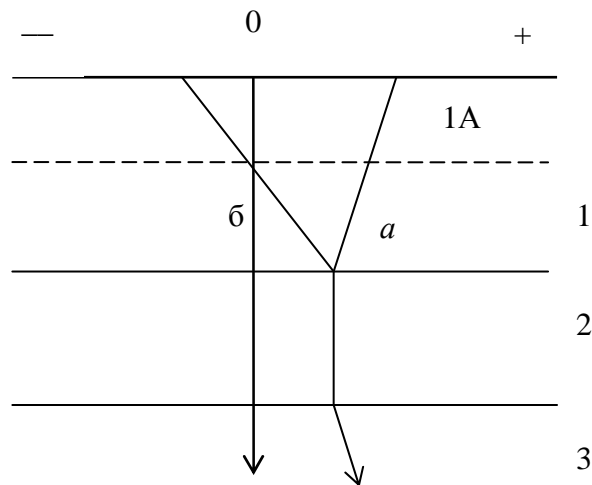


Рис. 2 – Температурні зони: 1 – зона змінних температур, 2 – зона постійних температур, 3 – зона наростання температур

4. Геохронологія Землі та шкала геологічного часу

Геохронологія – це розподіл геологічного часу існування Землі на окремі відрізки, що мають власні назви. Геохронологія дозволяє визначити вік порід.

Розрізняють абсолютний і відносний вік порід. Абсолютний вік встановлюється в літах, тобто визначається скільки років пройшло з моменту утворення породи. Для цієї мети застосовується радіоактивний метод.

Відносний вік порід дозволяє визначити їх вік відносно один одного. Визначення відносного віку виробляється двома способами: стратиграфічним і палеонтологічним. Стратиграфічний метод застосовується при горизонтальному заляганні шарів. Палеонтологічний метод є основним в геології і визначення віку порід провадиться по так званих провідних формах.

Завдяки вивченню гірських порід різноманітними методами встановлена геохронологія земної кори.

Найбільш крупні проміжки часу отримали назви ер, а товщі порід, що утворилися за цей час, - груп. Кожна ера підрозділяється на періоди, а група – на системи; періоди – на епохи і так далі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Геохронологічна шкала земної кори

Геологічна історія Землі	Ера (група)	Період (система)	Типові організми	Абсолютний вік, млн. років
	Кайнозойська Kz	Четвертинний Q	Людина	1,5-2
		Неогеновий N	Ссавці, квіткові рослини	26
		Палеогеновий Pg		63
	Мезозойська Mz	Крейдяний K	Голованогі молюски і плазуни	137
		Юрський J		195
		Тріасовий T		240
	Палеозойська Pz	Пермський P	Амфібії і спорові	285
		Каменноугільний C		340-360
		Девонський D	Риби, плечоногі	410
		Силурійський S	Перші безхребетні	440
		Ордовікський O Кембрійський Cm		500
				Більше 570
	Протерозойська Prz	---	Рідкі залишки примітивних форм	2600
	Архейська Arz			До 4500
	Планетарна стадія Землі			Понад 4500

ЛЕКЦІЯ 2. БУДОВА ЗЕМНОЇ КОРИ

Питання:

1. Класифікація та фізичні властивості мінералів.
2. Гірські породи:
 - 2.1 Магматичні гірські породи;
 - 2.2 Осадкові гірські породи;
 - 2.3 Метаморфічні гірські породи.

1. Класифікація та фізичні властивості породоутворюючих мінералів

Верхні шари земної кори (літосфери) складені гірськими породами і мінералами. Гірські породи складаються з мінералів.

Мінерали – це природні тіла, що відносно однорідні по хімічному складу і фізичним властивостям, утворюються в надрах земної кори або на її поверхні в результаті фізико-хімічних процесів.

Велика частина мінералів зустрічається в природі в твердому стані менш – в рідкому і газоподібному. По своїй будові тверді мінерали класифікуються на кристалічні та аморфні (стеклоподібні).

У складі верхніх шарів земної кори відомо більше 3000 мінералів. Головну роль в утворенні гірських порід грають близько 100 мінералів, які називаються породоутворюючими. Гірські породи на 90-99% складаються з породоутворюючих мінералів, які і обумовлюють міцні характеристики гірських порід.

Найбільше практичне поширення має класифікація, в основі якої лежать хімічний склад і кристалохімічні ознаки мінералів. Всі мінерали підрозділяються на 10 класів: силікати; карбонати; оксиди; гідроксиди; сульфіді; сульфати; галоїди; фосфорити; вольфраматі; самородні елементи. Окремо слід зазначити штучні мінерали.

Основні фізичні властивості мінералів: форма, колір, колір межі (колір в порошок), прозорість, блиск, твердість, спайність, злам, щільність і ін.

Форма. Серед породоутворюючих мінералів розрізняють такі форми кристалів: куб, ромбоєдр, шестигранна призма з пірамідальними вершинами, восьмигранна призма, стовпчик голчаної форми, призматична пластинка і стовпчик, таблитчаста і аркушева і ін.

Колір в багатьох мінералів постійний. Проте цілий ряд мінералів залежно від наявних домішок має різний колір.

Колір межі характеризує колір тонкого порошку мінералу, який може відрізнятися від кольору мінералу в шматку.

Прозорість – це здатність мінералів пропускати через себе світло. За цією ознакою мінерали підрозділяються на три групи: прозорі, напівпрозорі, непрозорі.

Блиск – це здатність мінералу заломлювати і відображати світло своєї поверхні. По блиску розрізняють мінерали з металевим блиском, неметалевим блиском.

Твердість – це здатність мінералу протистояти зовнішній механічній дії. Мінерали з відомою і постійною твердістю, прийняті за еталон та утворюють шкалу Мооса, по якій знаходять відносну твердість (табл.2.1). Визначення дійсної твердості мінералів можливе лише за допомогою спеціальних приладів.

Таблиця 2.1 – Шкала твердості Мооса

Мінерал-еталон	Твердість
Тальк	1
Гіпс	2
Кальцит	3
Флюорит	4
Апатит	5
Ортоклаз	6
Кварц	7
Топаз	8
Корунд	9
Алмаз	10

Спайність – це здатність кристалічних мінералів розколюватися або розщеплюватися по строго певних (кристалографічним) напрямках, утворюючи рівні, часто дзеркально-блискучі поверхні, звані плоскістю спайності. Спайність може виявлятися поодинокі або по декількох напрямках. Виділяють наступні види спайності: вельми досконала, досконала, недосконала, вельми недосконала.

Злам – вигляд поверхні, що утворюється при розколюванні мінералу не по плоскості спайності, тобто злам характеризує поверхню розриву мінералу. Якщо мінерал володіє спайністю в трьох напрямках, злам у нього збігається із спайністю. Розрізняють наступні види зломів: рівний; нерівний; землистий; зернистий; голковий; скалкуватий; раковистий і ін.

Окрім вказаних фізичних характеристик, які визначають переважну більшість мінералів, деякі з них володіють *специфічними властивостями*, до яких відносяться: ковкість і крихкість, пружність, шорсткість і сухість, гігроскопічність, горючість і плавкість, запах, смак, радіоактивність, магнітність.

2. Гірські породи

Гірські породи – це закономірне поєднання мінералів. Всього гірських порід близько 1000 видів і різновидів.

По генезису гірські породи поділяються на три групи: магматичні, метаморфічні та осадові.

Кожна гірська порода характеризується певним мінералогічним складом. Вона може складатися з одного мінералу – мономінеральна; але частіше з декількох мінералів – полімінеральна.

Важливі діагностичні характеристики гірських порід – це структура і текстура.

Структура характеризує внутрішню будову гірської породи, обумовлена формою, розмірами і мірою кристалізації мінералів, які складають гірську породу.

Текстура характеризує зовнішній вигляд породи і обумовлюється просторовим поширенням мінералів або їх агрегатів.

2. 1 Магматичні гірські породи

Магматичні гірські породи утворюються в результаті застигання магми. Магматичні гірські породи складаються з 600 різних видів і різновидів. За умовами застигання магми поділяються на інтрузивні та ефузивні.

Інтрузивні магматичні гірські породи утворюються коли магма, прориваючись по тріщинах земної кори, застигає в її надрах без прориву на поверхню Землі. Породи утворюються в умовах високого тиску, повільного і рівномірного охолодження. Відбувається повна роскristалізація магми, і виникають щільні, масивні, повнокристалічні породи, що залягають крупними масивами. Для інтрузивних гірських порід характерними формами залягання є: батоліти; лаколіти; штоки; жили (рис. 3).

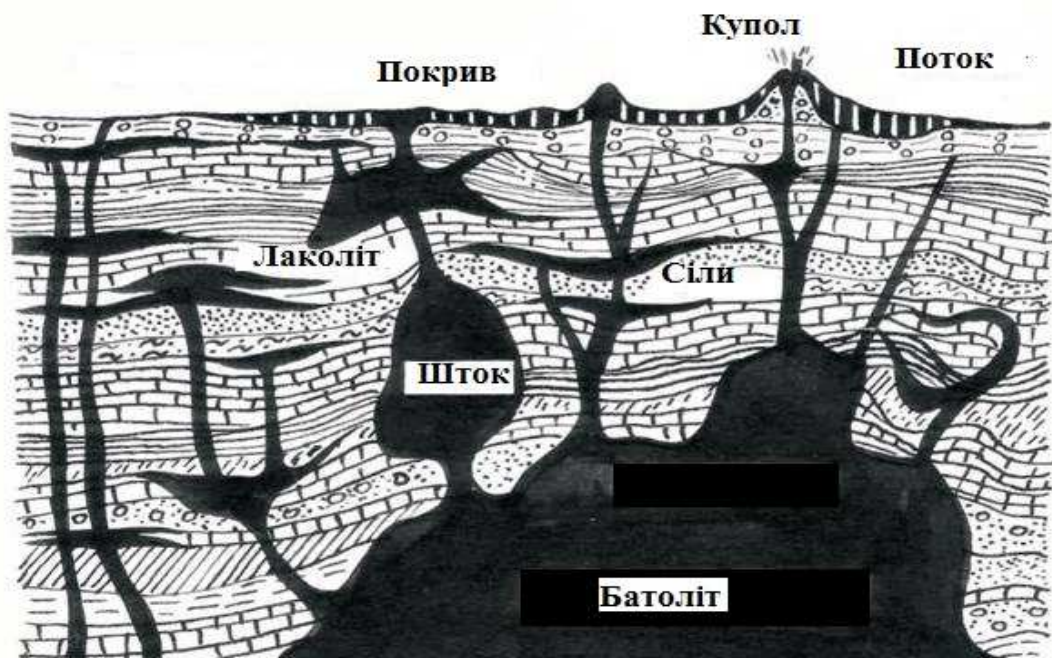


Рис. 3 – Форми залягання магматичних гірських порід

Ефузивні магматичні гірські породи утворюються коли магма, прориваючись по тріщинах земної кори, досягає поверхні Землі і розливається потоками лави. Застигання магми відбувається при низькому тиску і температурі, швидкій віддачі теплоти і газових компонентів. В результаті виникають породи з великою кількістю аморфного скла, часто пористого. Для ефузивних гірських порід характерними формами залягання є: купола, покрови, потоки (рис.3).

Серед ефузивних гірських порід, ґрунтуючись на віці порід і їх вивітрілості, розрізняють два різновиди: *палеотипні* (древні) – сильно зруйновані породи процесами звітрювання з вторинними мінералами та *кайнотипні* (молоді).

При визначенні *структури магматичних гірських порід* з трьох її чинників (форми, розмірів і кристалізації мінералів) перевага віддається останньому. Для інтрузивних порід виділяють: *повнокристалічну, порфіровидну* структури, а для ефузивних – *скритокристалічну, стекловату*.

Серед *текстур магматичних гірських порід* є *масивна, плямиста, шлакова, флюїдальна, смужчата* та ін.

Магматичні гірські породи за *змістом діоксида кремнію (SiO_2)* поділяються на: *ультракислі* (>75%); *кислі* (75-65%); *середні* (65-52%); *основні* (52-45%); *ультраосновні* (< 45%).

2.2 Осадові гірські породи

Осадові гірські породи складають самі верхні шари земної кори, покриваючи своєрідним чохлом породи магматичного і метаморфічного походження.

Осадові гірські породи за генезисом поділяються на :

Уламкові – утворюються внаслідок руйнування і перевідкладення інших, порід, що утворилися раніше.

Хімічні (хемогенні) утворюються внаслідок випадання порід – солей перенасичених водних розчинів.

Органічні (органогенні) утворюються внаслідок накопичення продуктів життєдіяльності рослинних і тваринних організмів на суші і у водних басейнах.

Основною *формою залягання осадових гірських порід* є *пласт* (шар) – геологічне тіло, що має загальні забарвлення, літологічний склад і палеонтологічні ознаки. Верхня плоскість шару називається *покрівля* пласта, нижня – *підшова пласта*. Найкоротша відстань між покрівлею та підшвою називається *потужністю пласта*. Серед форм залягання осадових гірських порід розрізняють: *нормальний* або *горизонтальний пласт*, *лінза*, *пласт пережиму*, *пласт вклинювання* (рис.4)

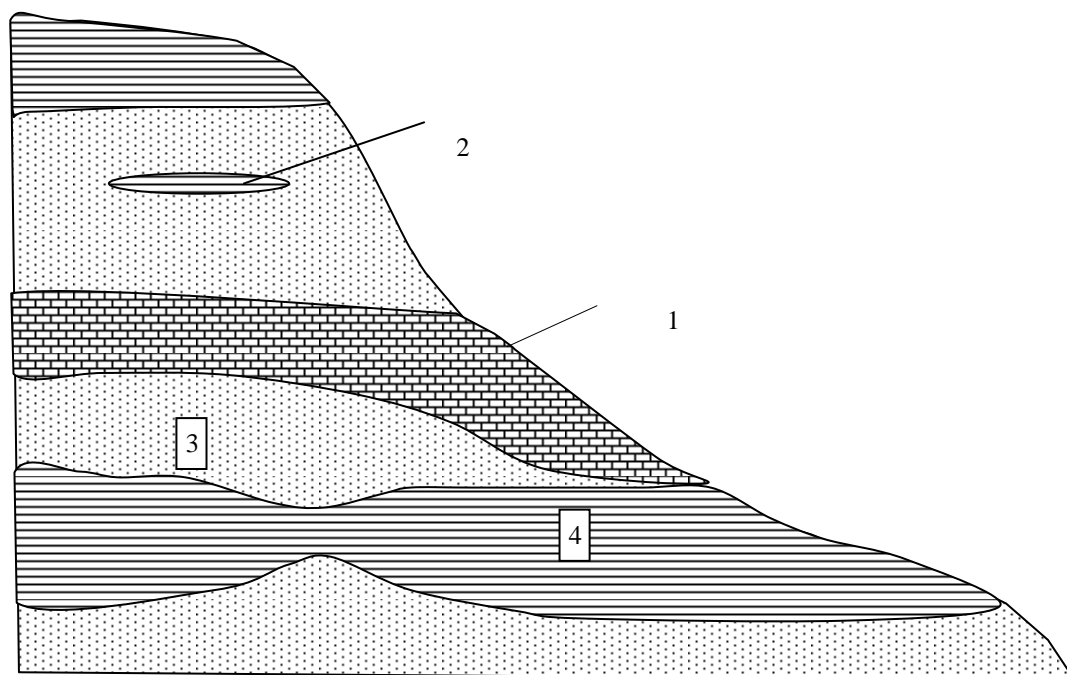


Рис. 4 – Форми залягання осадових гірських порід: 1 - горизонтальний пласт, 2 – лінза, 3 – пласт вклинювання, 4 – пласт пережиму

Уламкові осадові гірські породи залежно від розмірів уламків підрозділяються на: *грубоуламкові* (псефіти) – розмір уламків більше 2 мм; *середньоуламкові* (псаміти) – розмір уламків від 2 до 0,05 мм; *мілкоуламкові* (алеврити) – розмір уламків від 0,05 до 0,005 мм; *тонкоуламкові* (пеліти) – розмір уламків менш 0,005мм.

За хімічним складом *хемогенні осадові гірські породи* поділяються на: *карбонатні, крем'янисті, сульфатні (сірчаноокислі), галоїдні, фосфатні та алюмінієві.*

Серед *органічних гірських порід* за хімічним складом виділяють: *карбонатні, крем'янисті, залізисті та вуглецеві (каустобіоліти).* В залежності від походження органогенного матеріалу вони можуть поділяться на *фітогенні та зоогенні.*

Структури осадових гірських порід різноманітні. Для уламкових порід в основі назви структури лежить розмір уламків, для хімічних порід – розмір кристалів, для органічних осадових порід назва структури визначається тим організмом (тваринним або рослинним), який брав участь в утворенні цієї породи.

Текстури осадових гірських порід, що характеризує зовнішній вигляд породи також різноманітні. Найчастіше вона, враховуючи особливості утворення цих порід, *шарувата*, але може бути і *масивна, кавернозна, безладна, ніздрювата, макропориста і мікропориста, оолітова* і так далі.

2.3 Метаморфічні гірські породи

Метаморфічні гірські породи утворюються під впливом процесу метаморфізму раніше існуючих магматичних і осадових порід.

Метаморфізм – процес глибокої видозміни гірських порід під дією високих температур, тиску та хімічно активних речовин.

Процес утворення метаморфічних порід протікає в твердому стані і виражається в зміні мінерального, хімічного складу, структури і текстури.

Залежно від переважання тих або інших чинників виділяють: контактний, регіональний, динамічний, гідротермальний та пневматолітовий типи метаморфізму.

Процес *контактного метаморфізму* полягає в видозміні породи під дією переважно високої температури (850-1000⁰С) і порівняно низького тиску.

В результаті відбувається перекристалізація мінералів, утворення нових структур і текстур.

Процес *динамічного метаморфізму* полягає в видозміні породи під дією переважно високого тиску без участі магми. При динамічному метаморфізмі змінюються структурно – текстурні ознаки порід, але мало змінюється їх мінералогічний склад.

Процес *регіонального метаморфізму* полягає в видозміні порід під дією всіх чинників метаморфізму і охоплює величезні простори в земній корі і особливо інтенсивно протікає на глибині 6-8 км.

Процес пневматоліто – гідротермального метаморфізму полягає в суттєвій видозміні початкових порід під дією летючих компонентів (перегріті пари води та газу).

Мінералогічний склад метаморфічних порід залежить як від складу порід, так і від чинників, що їх змінюють.

Метаморфічні гірські породи зазвичай мають *кристалічну структуру*:

Текстури метаморфічних порід відрізняються певною різноманітністю.

Найбільш характерні текстури: *сланцювата, масивна, гнейсова, очкова, волокниста, плейчата*.

ЛЕКЦІЯ 3. ПРИРОДНІ ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВНУТРІШНЬОЇ ДИНАМІКИ ЗЕМЛІ

Питання:

1. Тектонічні рухи земної кори.
2. Сейсмічні явища та землетрус.
3. Вулканізм.

Геологічні процеси, які змінюють поверхню Землі підрозділяються на процеси внутрішньої динаміки Землі (ендогенні) і процеси зовнішньої динаміки Землі (екзогенні).

Екзогенні процеси обумовлені дією внутрішніх сил, тобто енергією радіоактивного розпаду елементів у надрах Землі. До внутрішніх – ендегенних процесів відносяться: тектонічні рухи, вулканізм і землетруси.

1. Тектонічні рухи земної кори

Тектонічні рухи – переміщення речовини земної кори, що порушують залягання гірських порід. Тектонічні рухи підрозділяються на *епейрогенічні* і *орогенічні*.

Епейрогенічні або коливальні рухи – повільні (вікові) вертикальні підняття і опускання значних ділянок земної кори, які виявляються завжди і скрізь. В одному і тому ж місці повільне опускання може змінитися настільки ж повільним підніманням. Коливальні рухи земної кори не супроводжуються зміною або порушенням первинного залягання гірських порід.

Органічні або горотворні рухи - це швидкі (в порівнянні з коливальними рухами) переміщення речовини земної кори, які завжди супроводжуються зміною або порушенням первинного залягання гірських порід. Таки зміни первинного залягання гірських порід називаються *дислокацією*.

Розрізняють плікативні і диз'юнктивні дислокації.

Плікативні дислокації – це порушення нормального залягання шарів порід без розриву їх суцільності. Основною формою плікативних порушень (дислокацій) є складка.

Складка – це хвилеподібний вигин шарів. В межах складки розрізняють антикліналь і синкліналь. *Антикліналь* – це зведення, що утворюється зігнутими пластами, обернене вгору. *Синкліналь* - це зведення, що утворюється зігнутими пластами, обернене донизу. У кожній складці

розрізняють наступні елементи: мульда, крила, ось складки, гребень складки і киль складки.

Диз'юнктивні дислокації – це порушення нормального залягання шарів порід з розривом суцільності. При диз'юнктивних порушеннях (дислокаціях) зсув гірських порід відбувається по тріщині, яку називають *площиною розриву*. Залежно від того, як порода переміщалася по площині розриву, розрізняють наступні форми диз'юнктивних порушень: скидання, підкидання, надвиг, зрушення, грабен, горст (рис. 5).

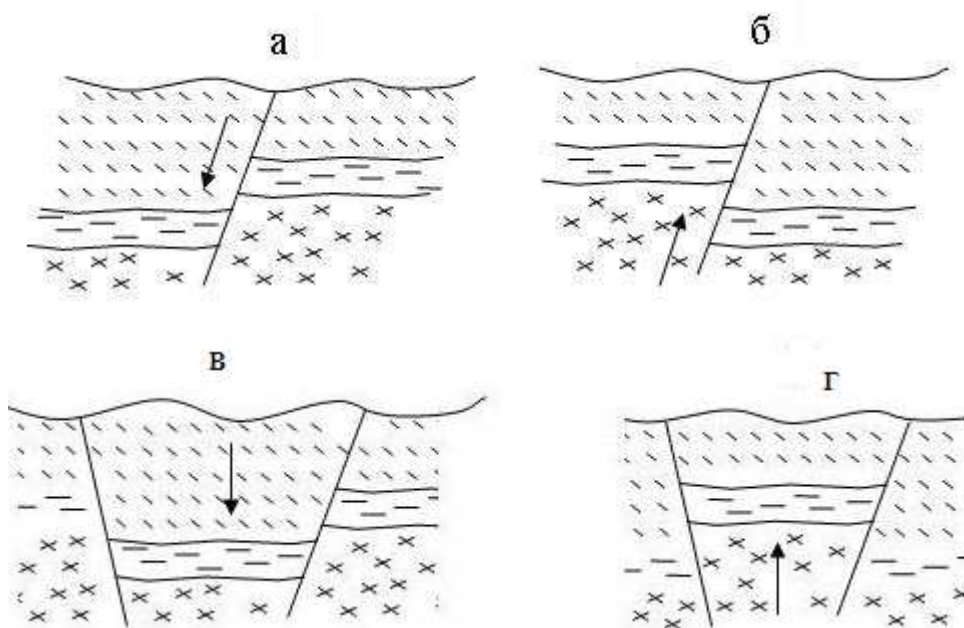


Рис. 5 – Диз'юнктивні порушення: а – скидання, б – підкидання, в – грабен, г – горст

Підкидання - переміщення групи шарів гірських порід по площині розриву вгору. Скидання - переміщення шарів гірських порід по площині розриву вниз. Зрушення і надвиг – це різновиди підкидань і скидань, але переміщення порід відбувається майже у горизонтальній площині. Грабен опускання частини земної кори між двома площинами розриву. Горст – підняття частини земної кори між двома площинами розриву.

2. Сейсмічні явища та землетрус

Сейсмічні явища виявляються у вигляді пружних коливань земної кори.

Землетруси – поширення пружних сейсмічних хвиль на суші. Результат внутрішньої розрядки напруги Землі, що накопичується в надрах.

Наука, що вивчає землетруси називається *сейсмологія*.

За причинами виникнення землетруси бувають: *тектонічні* (регіональні) – швидка розрядка напруги в глибинних шарах Землі; *вулканічні* (локальні) – результат діяльності вулканів; *обвально-провальні* (місцевого значення) – в результаті обвалів або провалів гірських порід в крупних підземних печерах і на поверхні Землі; *штучні* – в результаті потужних вибухів, що виробляють в будівельних цілях.

Вогнище зародження сейсмічних хвиль (землетрусів) – *гіпоцентр*. *Епіцентр* – розташовується безпосередньо над гіпоцентром.

По глибині залягання гіпоцентру розрізняють землетруси: поверхневі – 1-10 км (найбільш руйнівні), корові – 30-50 км, глибокі – 100-300 до 700 км.

В результаті землетрусів (розрядки напруги) виникають 3 види коливань: пружні хвилі; поперечні хвилі; подовжні хвилі.

Тривалість землетрусів складає декілька секунд, рідше за хвилини, але можуть тривати декілька років.

За землетрусами ведуть постійні спостереження при допомозі спец. приладів – сейсмографів.

На практиці силу землетрусів вимірюють в балах. Існує 12 бальна система (шкала Ріхтера), де кожному балу відповідають певні руйнування. Приклади сейсмічних районів Землі: Вірменія, Дагестан, Італія, Германія та ін.

У районах, де інтенсивність землетрусів перевищує 6 балів, роблять наступні заходи при будівництві: уникають будівництва на територіях з різко розчленованим рельєфом і сипкими грантами; будують, по можливості, на найбільш стійких в сейсмічному відношенні скельних породах; проектується широкі вулиці, вхід-вихід в будівлях з двох сторін; перевага віддається

залізобетонним, а не цегельним спорудам; конфігурація будівель в плані має бути проста; ретельно дотримують технологію робіт і застосовують високоякісні матеріали.

3. Вулканізм

Вулканізм – це геологічний процес, обумовлений діяльністю магми.

Вулкан має форму конусоподібної гори, складеної продуктами виверження. У центральній частині вулкана є западина овальної або круглої форми – *кратер*. Кратер зв'язаний каналом (або декількома каналами) з глибокими надрами Землі, звідки піднімається магма. Верхня частина каналу закрита застиглою лавою. Тому перед виливанням магми на поверхню відбувається сильний вибух.

Виливання магми на поверхню і супутні явища називаються *виверженням*. Залежно від складу магми, що живить вулкан існує декілька типів вивержень: типа Кракатау, типа Пеле, типа Везувію, типа Стромболі та Гавайського типу.

На земній поверхні нараховується близько 500 діючих та приблизно 2000 вимерлих вулканів.

Географічний розподіл вулканів не рівномірний. Вони концентруються в районах найбільш активної діяльності ендегенних сил, утворюючи вулканічні зони. Існує декілька вулканічних зон. Найбільш великими з них є: вогненне кільце Тихого океану і зона, розташована в басейні Середземного моря.

Особливе місце займають грязьові вулкани. Це звичайно пагорби плоско - конічної форми, які час від часу викидають газ, воду і грязь. Розташовуються грязьові вулкани не поодинокі, а групами. З магматичною діяльністю Землі вони не зв'язані і супроводжують завжди нафтові і газові родовища.

Продукти виверження вулканів: розжарена лава остигає, і утворюються гірські породи, що вилилися, – базальти, діабазы, порфіри. З попелу і шляхом

його ущільнення і хімічної взаємодії з розчиненими у воді сполуками утворюється пориста гірська порода – вулканічний туф.

ЛЕКЦІЯ 3. ПРИРОДНІ ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ЗОВНІШНЬОЇ ДИНАМІКИ ЗЕМЛІ

Питання:

1. Звітрювання і його основні типи.
2. Геологічна діяльність водотоків.
3. Геологічна діяльність вітру.

Процеси зовнішньої динаміки Землі (екзогенні) обумовлені енергією сонця, дією зовнішніх сил. Вони протікають на поверхні Землі або у верхніх її шарах. До екзогенних процесів відносять денудаційні та біологічні процеси.

Процес денудації (денудація-оголення) – процес руйнування порід з перенесенням продуктів руйнування в інші місця, де відбувається їх накопичення.

До денудаційних процесів відносяться: звітрювання; геологічна діяльність текучих вод; геологічна діяльність вітру, льодовиків, моря і так далі.

1. Звітрювання і його основні типи

Звітрювання – процес фізичного і хімічного руйнування мінералів і гірських порід на місці їх залягання. Основними агентами звітрювання є коливання температур, хімічна дія води, дія газів (атмосферних і розчинених у воді), діяльність організмів рослинного і тваринного походження.

Область земної кори, в якій протікають процеси звітрювання називають *корою вивітрювання*. Потужність кори звітрювання вагається в широких межах, але в середньому вона складає – 5-10м. Гірські породи, які зазнали звітрювання і залишилися на місці, називаються – *елювієм*.

За інтенсивністю дії того або іншого агента виділяють наступні види вивітрювання: фізичне (механічне); хімічне; біологічне.

Фізичне звітрювання – відбувається унаслідок коливання температур.

Найбільш інтенсивне руйнування гірських порід відбувається в районах, де існує різка різниця в температурах зимових і літніх, нічних і денних.

Відмінною рисою фізичного звітрювання є руйнування гірських порід без зміни їх мінералогічного складу.

Хімічне звітрювання – відбувається в результаті дії на гірські породи та мінерали води, вуглекислоти, органічних кислот і т. д.

Найінтенсивніше хімічне звітрювання відбувається в районах теплого і вологого клімату.

Відмінною рисою хімічного звітрювання є руйнування гірських порід із зміною їх мінералогічного складу.

Найсильнішим агентом хімічного звітрювання є дощова вода. Особливо інтенсивне хімічне звітрювання руйнує ті гірські породи, які заздалегідь піддалися фізичному вивітрюванню.

Біологічне (органічне)звітрювання – руйнування гірських порід в результаті життєдіяльності всіляких тварин і рослин. Це своєрідний комплекс хімічного і фізичного вивітрювання.

2. Геологічна діяльність водотоків

Процес розмиву гірських порід текучими водами називається ерозією. В результаті ерозії виникають промоїни, вибоїни, яри, долини – це ерозійні форми рельєфу.

Ерозія спостерігається не нескінченно, а до певної межі, досягнувши який потік втрачає свою розмивну силу. Рівень при якому водоносний потік втрачає ерозійну силу називається *базисом ерозії*.

Геологічна діяльність текучих вод полягає не лише в механічному руйнуванні гірських порід, але і в перенесенні і відкладенні продуктів руйнування.

Відкладення зруйнованого в процесі ерозії матеріалу називається *аккумуляцією*. В результаті відкладення зруйнованого матеріалу утворюються аккумулятивні форми рельєфу.

Серед відкладень, утворених внаслідок геологічної діяльності текучих вод розрізняють алювіальні і делювіальні відкладення.

Делювій – відкладення продуктів звітрювання і розмиву на схилах гір. Делювій складається з несортованого матеріалу (суміш крупних і дрібних уламків), накопичується в результаті геологічної діяльності тимчасових (сезонних) водотоків і під впливом сили тяжіння.

Алювій – відкладення продуктів розмиву, що накопичуються в річкових долинах. Алювій накопичується в результаті геологічної діяльності постійних водотоків (річок). Для алювіальних відкладень характерні добре обкатаний та відсортований матеріали.

3. Геологічна діяльність вітру

Геологічна діяльність вітру називається *еоловими процесами* та включає процеси видування, обточування, перенос і відкладення порід.

Процес видування – видування часток породи і їх переміщення по повітрю або перекочуванні по поверхні. Поширений в пустинних областях. При видуванні рихлих порід виникають улоговини видування.

Процес обточування – під впливом вітру частки з силою ударяються об поверхню твердих гірських порід і поступово сточують їх.

Процес переносу і відкладення (аккумуляція). Вітер легко піднімає в атмосферу і переносить дрібні частки гірських порід. Інколи вони перекочуються по поверхні землі і набувають окатаність. Берегами річок, озер, моря утворюються витягнуті в довжину вали (дюни) – висота до 300 м.

У пустелі внаслідок переносу і відкладення піску утворюються бархани – мають форму півмісяця, роги обернені у бік руху вітру. Висота від 1 до 20-30м.

ЛЕКЦІЯ 4. ГІДРОГЕОЛОГІЯ ЯК НАУКА. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ПІДЗЕМНІ ВОДИ

Питання:

1. Види води в гірських породах.
2. Водні властивості гірських порід.
3. Генезис підземних вод.

Підземні води – це всі води, що знаходяться у верхній частині земної кори та залягають нижче поверхні землі. Наука, вивчаюча підземні води – гідрогеологія.

Гідрогеологія – наука що вивчає генезис підземні води, умови їх залягання, живлення і розвантаження, а також закони руху, фізичні властивості і хімічний склад, зв'язок з поверхневими водами і умови експлуатації.

Гідрогеологія включає до себе такі розділи як загальна гідрогеологія, динаміка підземних вод, гідрогеохімія, інженерна гідрогеологія та інші.

У будівельній практиці і в питаннях раціонального використання підземні води можуть грати позитивну і негативну роль.

Підземні води являються головним джерелом питної, а інколи і технічної води, використовуються і в бальнеологічних (лікувальних) цілях, для енергії (гідротермальні підземні води), для здобуття броду, йоду, солі (промислові підземні води) та інше.

У будівельній практиці, при зведенні будівель і споруджень підземні води найчастіше мають негативне значення.

Наявність підземних вод веде до дорожчання будівництва та експлуатації будівель і споруд, подовження термінів будівництва. У всіх випадках необхідно передбачати заходи щодо дренажу підземних вод.

Дренаж – зниження рівня підземних вод до певної відмітки і на певний період часу.

1. Види води в гірських породах

Вода буває у вигляді пару, у твердому стані, гігроскопічна вода, плівкова вода, капілярна вода, хімічно зв'язана або конституційна вода, кристалізаційна вода, вільна вода.

Вода у вигляді пару – заповнює сухі або не насичені повністю водою пори і тріщини в гірських породах. Поступає з атмосфери або в результаті підземного випару.

Вода в твердому стані – лінзи, прошарки, кристали льоду, в мерзлих гірських породах. Утворюється при температурі нижче 0°C .

Гігроскопічна або зв'язана вода – це 1-2 шару молекул води на частках породи, які стримуються молекулярними силами. Пересуватися шари самостійно не можуть. Відокремитися від частки породи може лише при переході в пароподібний стан при температурі $105-100^{\circ}\text{C}$.

Плівкова або рихлопов'язана вода – утворює навколо частки породи суцільну плівку. Може пересуватися від частки з товстою плівкою до частки з тонкою плівкою, поки плівки не вирівнюються.

Хімічна зв'язана вода – бере участь в молекулярній будові мінералів або входить до складу кристалічної решітки мінералу у вигляді роз'єднаних іонів водню і гідроокисла. Ця вода виділяється при хімічному розпаді мінералів при температурі більше 400°C .

Кристалічна вода – бере участь в будові кристалічної решітки мінералів, але при цьому зберігаючи свою молекулярну формулу. Віддаляється при нагріві до температури близько 400°C . При цьому мінерал не руйнується, але міняє свої властивості.

Капілярна вода – заповнює капілярні порожнечі в породах діаметром не більше 1 мм. Стримується молекулярними силами і силами поверхнього натягнення. Піднімається від низу до верху.

Гравітаційна або вільна вода – це власне підземна вода, яка рухається по порах і порожнечах гірських порід діаметром більше 1 мм під дією сили тяжіння.

2. Водні властивості гірських порід

Основними водними властивостями гірських порід є вологість, вологоємкість, водовіддача, водопроникність.

Вологість – відношення маси всіх видів води, що міститься в породі до маси абсолютно сухого ґрунту:

$$\omega = \frac{q_{\omega} - q_c}{q_c} * 100\%,$$

де q_{ω} – маса зразка вологої породи, q_c – маса того ж зразка висушеного до постійної ваги.

Відносна вологість (міра вологості) – міра заповнення пір водою або відношення об'єму води до об'єму пор ґрунту

$$Sr = \omega \rho_s / e \rho_w,$$

де ρ_s – щільність часток ґрунту в г/см³; e – коефіцієнт пористості ґрунту; ρ_w – щільність води, в г/см³.

Ґрунти за вологістю бувають: маловологі, вологі і насичені водою.

Вологоємкість – здатність гірських порід приймати, вміщати і утримувати певну кількість води. За видами води вологоємкість буває: гігроскопічна, молекулярна, капілярна, повна (коли всі пори заповнені водою)

$$\omega_{\max} = e p_w / p_s$$

Водовіддача – здатність гірських порід, насичених до повної вологоємкості, віддавати гравітаційну воду.

Оцінюється коефіцієнтом водовіддачі:

$$\mu = e p_w - \omega_m p_s,$$

де e – коефіцієнт пористості, p_w – щільність води, ω_m – максимальна молекулярна вологоємкість, p_s – щільність ґрунту.

Водопроникність – здатність гірських порід пропускати воду через наявні в них пори і тріщини під дією тиску. Водопроникність залежить від натиску у водоносному горизонті і від розміру пір і тріщин водопровідних порід. Водопроникність характеризується коефіцієнтом фільтрації (κ_f).

Коефіцієнт фільтрації – одна з найголовніших фільтраційних характеристик водоносного пласта.

За коефіцієнтом фільтрації породи поділяються на породи з високої водопроникності ($\kappa_f > 1 \text{ м/добу}$), породи зі слабкою водопроникністю ($\kappa_f = 1 - 0,001 \text{ м/добу}$), водопроникні породи ($\kappa_f < 0,001 \text{ м/добу}$).

3. Генезис підземних вод

Підземні води по генезису поділяються на: інфільтраційні, конденсаційні, залишкові (седиментаційні), глибинні (ювенільні).

Інфільтраційні води утворюються за рахунок інфільтрації (просочування) атмосферних і поверхневих вод в проникні осадові, магматичні і метаморфічні породи.

Конденсаційні води утворюються за рахунок конденсації водяної пари, що міститься в порах, порожнечах і тріщинах гірських порід і проникають в гірські породи з поверхні Землі разом з повітрям.

Залишкові (седиментаційні) води утворилися після відкладення (седиментації) древніх морських опадів і подальшого віджимання води з них у водопроникні шари після регресії моря і ущільнення порід.

Глибинні (ювенільні) води – основа появи всієї гідросфери. Вони утворилися в результаті дегазації магми і за допомогою викидів води у вигляді пари вулканами.

ЛЕКЦІЯ 6. КЛАСИФІКАЦІЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ЗА УМОВАМИ ЗАЛЯГАННЯ ТА ВЕЛИЧИНОЮ НАПОРУ

Питання:

1. Безнапірні підземні води.
2. Напірні підземні води.

Єдиної класифікації підземних вод немає.

У 30-х роках XX століття академік Саваренський запропонував класифікацію підземних вод за гідравлічною ознакою і умовами залягання (табл. 6.1). Ця класифікація є найбільш поширеною в інженерній практиці.

Таблиця 6. 1 - Класифікація підземних вод за гідравлічною ознакою і умовами залягання

За гідравлічною ознакою		
За умовами залягання	Напірні підземні води	Безнапірні підземні води
	Міжпластові напірні води (артезіанські)	Верховодка
		Ґрунтові води
		Міжпластові безнапірні води

1. Безнапірні підземні води

До безнапірних підземних вод відносяться всі води, що мають над своїм рівнем вільну поверхню (рис.6). Вони не мають напору. Якщо розкрити ці води буровою свердловиною або колодязем, то рівень води встановиться на глибині розкриття підземних вод. Пересуваються безнапірні води від ділянок, де рівень води вище до ділянок, де він нижчий. При виході на денну поверхню безнапірні підземні води утворюють безнапірні низхідні джерела.

За умовами залягання безнапірні води підрозділяють на верховодку, ґрунтові води і міжпластові безнапірні.

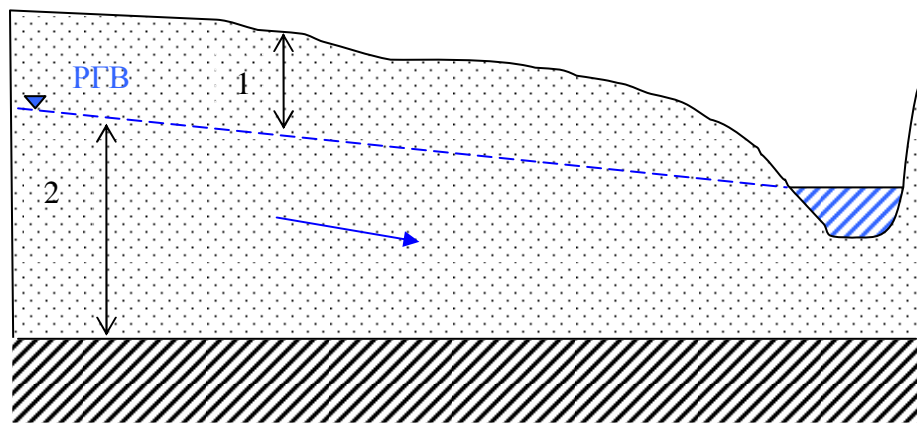


Рис.6 – Безнапірні води: 1 - вільна поверхня, 2 - потужність водоносного горизонту

Верховодка – це тимчасове скупчення підземних вод в найбільш при поверхневій частини Землі над водоупором, незначним по потужності і протяжності (рис.7).

У вертикальній зональності верховодки розташовані в зоні аерації, тобто в зоні, де частина пір зайнята гігроскопічною водою, а частина повітрям.

Водоупором, зазвичай, служать лінзи глин і суглинків в піску.

Утворюється верховодка зазвичай навесні або осінню, тобто у момент інтенсивного снігорозтавання або під час сильних дощів, коли, поверхнева вода просочується (інфільтрується) в зону аерації, зустрічає водотривку лінзу і утворює верховодку, що має над своїм рівнем вільну поверхню.

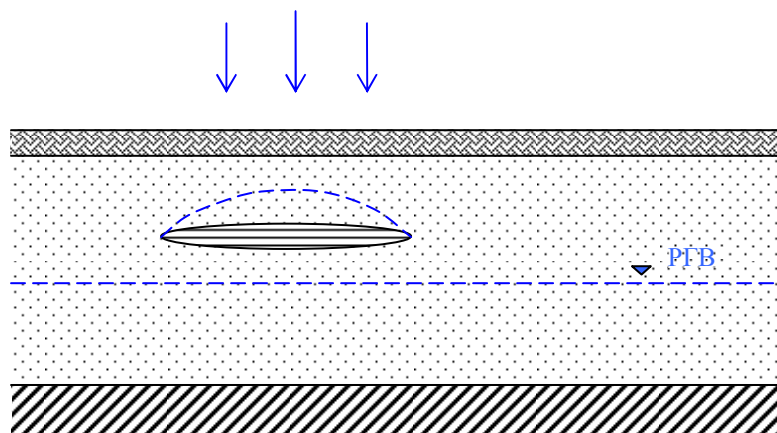


Рис.7 – Верховодка

Верховодка позитивного навантаження не має. У інженерно-будівельній практиці верховодка небажане явище, оскільки залягає в межах підземних частин будівель і споруд. У зв'язку з цим у весняний період або під час інтенсивних дощів верховодка спричиняє підтоплення будівель і споруд. В цьому випадку необхідно передбачити дренаж підземних вод або проводити заходи щодо гідроізоляції підземних комунікацій.

Грунтові води – це підземні води з вільною поверхнею, що залягають в першому від поверхні Землі постійному водопроникному шарі і підстилаються першим від поверхні, регіональним водоупором (рис.8).

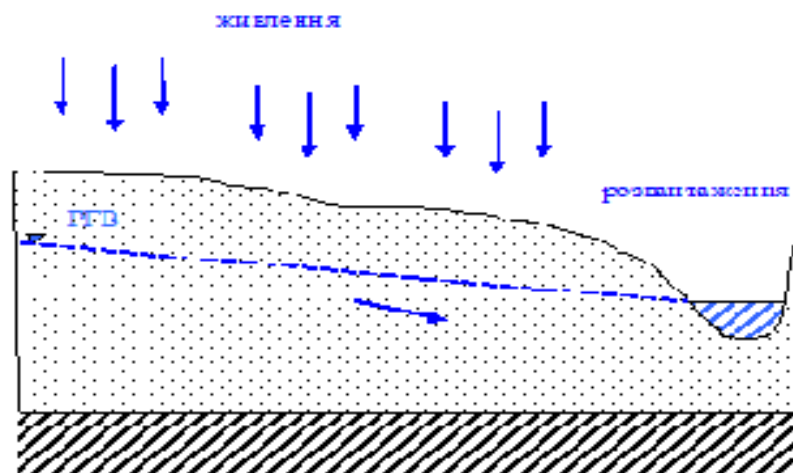


Рис. 8 – Грунтові води

Грунтові води є постійним в часі та значним за площею водоносним горизонтом, який знаходиться в зоні повного водонасичення.

Водопровідна порода, що утримує ґрунтові води, не вся заповнена водою і тому поверхня ґрунтових вод є вільною.

Живляться ґрунтові води переважно за рахунок атмосферних опадів, які інфільтруються на рівень ґрунтових вод. Деяка кількість води надходить в ґрунтові води із напірних водоносних горизонтів, що пролягають нижче, через гідравлічні вікна. Область живлення ґрунтових вод, зазвичай, збігається з областю їх розповсюдження, оскільки немає верхнього водоупору.

Розвантаження ґрунтових вод здійснюється в місцеві базиси ерозії (річки, яри, балки) і в безнапірні водоносні горизонти, що пролягають нижче, через гідравлічні вікна.

Поверхня ґрунтових вод – *рівень ґрунтових вод*.

Відстань між рівнем ґрунтових вод (РГВ) і водоупором – *потужність водоносного горизонту*.

Міжпластові безнапірні підземні води – це води, що залягають між двома водонепроникними пластами і не заповнюють всієї потужності водопровідних порід, тобто мають над своїм рівнем вільну поверхню (рис.9).

Область живлення міжпластових безнапірних підземних вод не збігається з областю їх поширення, оскільки є верхній водоупор.

Живлення вод здійснюється з зовні в межах їх поширення, там, де верхній водоупор вибивається клином або за рахунок підтікання води з напірного водоносного горизонту, що пролягає нижче, через гідравлічні вікна.

Розвантаження здійснюється в пониження рельєфу (долини річок, яри) або в безнапірний водоносний горизонт, що залягає нижче, через гідравлічні вікна. Вода зазвичай хорошої якості, але використовується рідко, оскільки цей випадок залягання безнапірних вод зустрічається рідко.

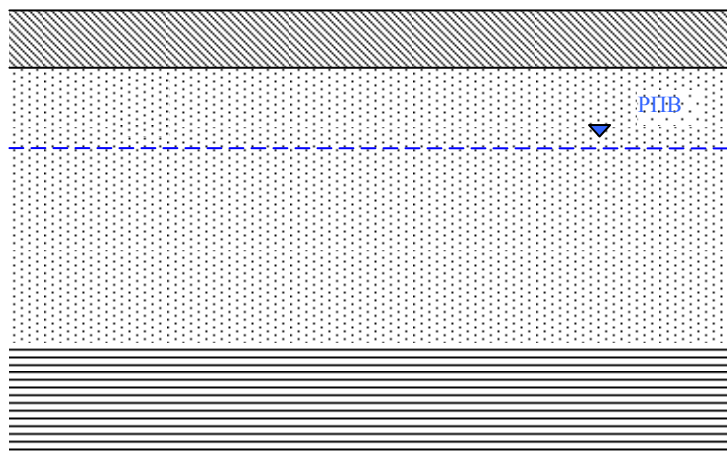


Рис.9 – Міжпластові безнапірні підземні води

2. Напірні підземні води

До напірних відносять всі підземні води, які на значних площах залягають між двома водонепроникними пластами і заповнюють всю потужність водопровідних порід. Напірні води не мають вільної поверхні над собою.

При напірних вод свердловинами, вода піднімається вище за кривлю водоносного горизонту і утворює поверхню, яка називається *п'єзометричним рівнем* або рівнем рівних натисків (рис.10).

Скв.

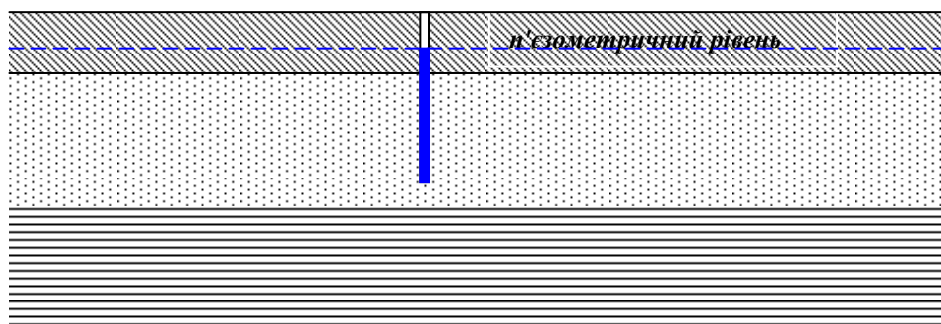


Рис.10 – Напірні води

Напірні води часто називаються артезіанськими (рис.11). Область поширення і область їх живлення не збігаються. В межах розвитку напірних вод виділяють область живлення (де верхнього водоупору немає), область поширення і область розвантаження. Живляться артезіанські води за рахунок інфільтрації атмосферних опадів в області живлення, за рахунок перетікання більш напірних вод через гідравлічні вікна. Розвантаження здійснюється в області розвантаження або в пониженнях рельєфу (при цьому утворюються джерела, що виходять).

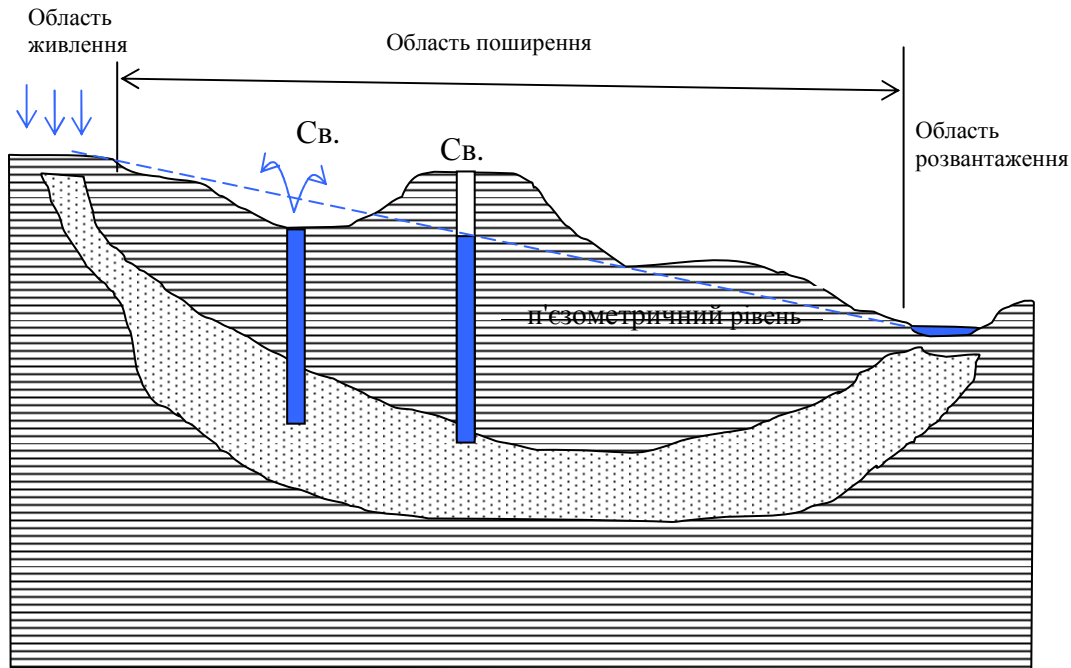


Рис.11 – Артезіанський басейн

ЛЕКЦІЯ 7. ОСНОВИ ДИНАМІКИ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Питання:

1. Основний закон руху підземних вод;
2. Справжня швидкість руху підземних вод та коефіцієнт фільтрації;
3. Дебіт плоского ґрунтового потоку;
4. Приплив підземних вод до водозабірних споруд

Динамікою підземних вод називають розділ гідрогеології, що вивчає закони руху підземних вод.

Виділяють два типи руху підземних вод – ламінарне і турбулентне.

Ламінарний рух – це такий рух, коли цівки води у водонасичених породах рухаються без завихрення, паралельно один одному з невеликими швидкостями, утворюючи суцільний потік. У своїй практичній діяльності ми найчастіше маємо справу з ламінарним рухом підземних вод.

Турбулентний рух – це рух підземних вод з великими швидкостями, з завихренням, з перемішуванням окремих струменів і навіть з розривом суцільності потоку. Турбулентний рух виникає у широких тріщинах гірських

порід або в місцях інтенсивного відкачування тріщинуватих підземних вод. Зустрічаються рідко.

1. Основний закон руху підземних вод

Ламінарний рух підземних вод підкоряється лінійному закону фільтрації, закону Дарсі.

$$Q = k_{\phi} F J,$$

де Q витрата потоку (кількість води, що фільтрується за одиницю часу $\text{м}^3/\text{добу}$), k_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації, J – напірний градієнт або різниця рівнів у двох розгляданих перетинах, під впливом якого вода від перетину 1 рухається в напрямі перетину 2, F – площа поперечного перетину потоку, м^2 .

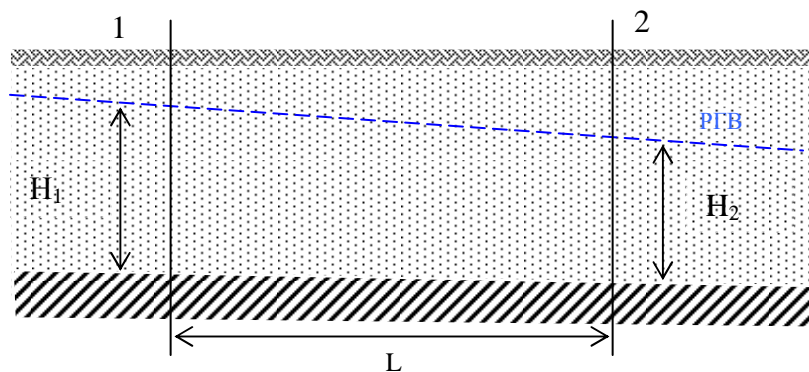


Рис.12

Якщо поділити обидві частини на площу поперечного перетину потоку

$$\text{то } \frac{Q}{F} = k_{\phi} J$$

Ліва частина рівності визначає собою швидкість фільтрації V ($\text{м}/\text{добу}$):

$$V = k_{\phi} J, \text{ якщо } J=1, \text{ то } V = k_{\phi}$$

Коефіцієнт фільтрації чисельно дорівнює швидкості фільтрації при напірному градієнті рівному одиниці.

Турбулентний рух підземних вод не підкоряється закону Дарсі. Швидкість турбулентного руху підземних вод підкоряється нелінійному закону і називається Шезі- Краснопольського.

$$V = k_{\epsilon} \sqrt{J},$$

де k_{ϵ} – коефіцієнт водопровідності, що має таке ж значення, що і k_{ϕ} у формулі Дарсі.

2. Справжня швидкість руху підземних вод та коефіцієнт фільтрації

При фільтрації в гірських породах вода тече тільки через частину перетину, рівну площі пор, а друга частина перетину зайнята зернами породи.

Справжню швидкість руху підземних вод, яку звичайно позначають буквою u можна дістати, поділивши витрату Q на дійсну площу фільтруючого перетину, тобто на площу пор F_n , де n – пористість породи, виражена в частках одиниці:

$$u = \frac{Q}{F_n} = \frac{v}{n}$$

Пористість завжди менше від одиниці, отже й швидкість фільтрації завжди менше від дійсної швидкості руху води в порах приблизно в 2-3 рази.

Коефіцієнт фільтрації (k_{ϕ}) характеризує водопроникність гірських порід і входить у всі розрахункові рівняння руху підземних вод. Можна виділити 4 способи визначення k_{ϕ} :

1- й спосіб – визначення k_{ϕ} за даними, наведеними в літературі. Наприклад, для суглинків $k_{\phi} < 0,005 \text{ м/с}$, для супіску – $0,1\text{-}5 \text{ м/с}$, для пісків – $0,5\text{-}1 \text{ м/с}$. Визначення k_{ϕ} за літературними даними носить орієнтовний характер.

2-й спосіб – розрахунковий. Коефіцієнт фільтрації визначають по спеціальних графіках. Застосовують цей спосіб для піщаних порід.

3-й спосіб – лабораторні методи визначення k_{ϕ} . В спеціальні циліндри поміщають випробовувану породу, і через нього починаємо фільтрувати воду під деяким натиском. Заміряється Q профільтрованої води і I . Потім розраховують v . Далі за формулою визначають k_{ϕ} .

4-й спосіб включає польові методи визначення k_ϕ . Це найбільш точний спосіб. Цим способом можна визначити k_ϕ безпосередньо будівельного майданчика, на ділянці передбачуваного водопостачання, тобто без порушення природних залягань порід.

3. Дебіт плоского ґрунтового потоку

У будівельній справі, а особливо в питаннях водопостачання, визначення витрати Q потоку підземних вод має принципове значення. В основі визначення витрати Q підземного потоку лежить закон Дарсі. Але вживання цього закону залежить від геологічних і гідрогеологічних умов.

Визначення витрати потоку ґрунтових вод представляє досить складний розрахунок. Розглянемо принцип цього розрахунку для випадків горизонтального та похилого залягання водотривких шарів.

Потужність ґрунтового потоку є змінною, але водоупор горизонтальний (рис. 13). Тоді за основним законом фільтрації:

$$Q = k_\phi J F = k_\phi J_{cp} B h_{cp}$$

, де k_ϕ – коефіцієнт фільтрації, B – ширина потоку, h_{cp} – середня потужність потоку, J_{cp} – середній напірний градієнт потоку. Якщо $h_{cp} = \frac{h_1 + h_2}{2}$ та

$J_{cp} = \frac{h_1 - h_2}{L}$, то витрати ґрунтового потоку можна визначити за формулою

$$Q = k_\phi B \frac{h_1^2 - h_2^2}{2L}$$

Ця формула називається формулою Дюпюї.

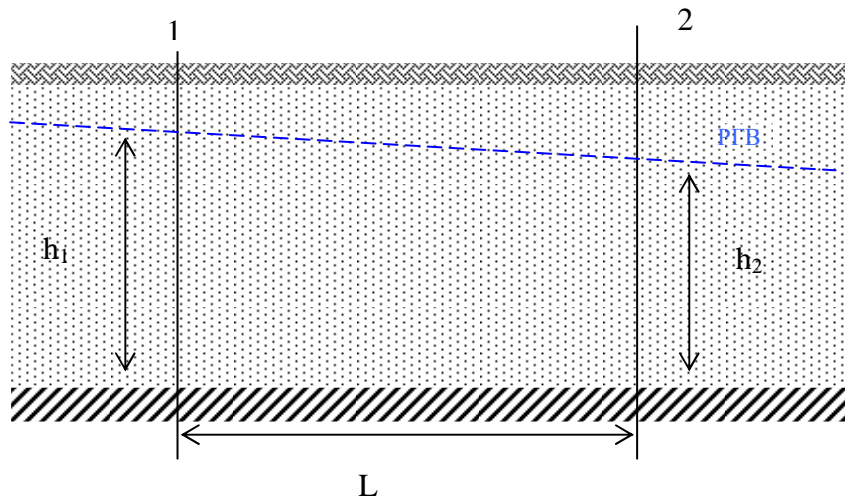


Рис.13

Потужність потоку змінна, але водоупор нахилений (рис. 14).

При похилому положенні водоупору розрахунок проводиться з врахуванням додаткової горизонтальної площі $O—O$. Для вибраних перетинів 1 і 2 визначають гідравлічний градієнт (J) і середню потужність потоку (h_{cp})

$$J_{cp} = \frac{H_1 - H_2}{L}$$

$$h_{cp} = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

Формула витрати потоку матиме наступний вигляд:

$$Q = k_{\phi} B \frac{H_1 - H_2}{L} \frac{h_1 + h_2}{2}$$

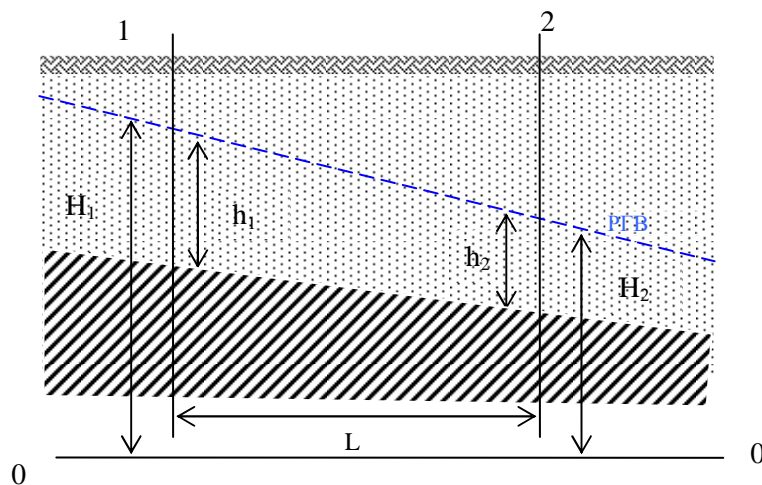


Рис. 14

Якщо розділити витрату потоку Q на ширину потоку B , отримаємо одиничну витрату $q=Q/B$.

У природі часто буває, що в одному місці водоупор нахилений, в іншому горизонтальний. Немає іншого виходу, щоб розбити водоносний горизонт на ділянки і рахувати Q потоку для кожної ділянки окремо, а потім підсумовувати.

4. Приплив підземних вод до водозабірних споруд

При відкачуванні підземних вод, безпосередньо зі свердловини, унаслідок тертя води об частки ґрунту відбувається воронкоподібне пониження рівня, утворюється депресивна воронка, яка в плані має форму, близьку до кола. У вертикальному розрізі депресивна воронка обмежується депресивними кривими.

Радіус відкачування (R) і є радіус депресивної воронки. Визначається радіус відкачування з одиночних свердловин за спеціальними формулами Кусакіна і Троянського.

Визначення радіусу впливу R у безнапірному водоносному пласті при сталій фільтрації визначається за допомогою формули Кусакіна

$$R = 2S\sqrt{Hk_{\phi}},$$

де S — пониження рівня при відкачуванні по центру воронки; H — потужність ґрунтової води; k_{ϕ} - коефіцієнт фільтрації.

Визначення радіусу впливу R для напірних водоносних пластів визначається за допомогою формули Зіхардта

$$R = 10S\sqrt{\kappa_{\phi}}$$

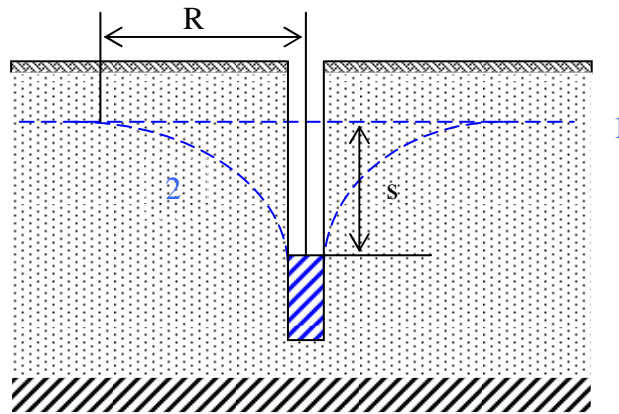


Рис.15 – Радіус впливу: 1 — рівень ґрунтової води; 2 — депресивна воронка; s — пониження рівня в центрі воронки; R — радіус воронки

Розмір депресивної воронки, а також крутість кривих депресій залежить від гранулометричного складу і розміру пір порід.

Розрізняють 2 типи водозабірних споруд: dokonані та недоконані. У dokonаній споруді дно доведене до водоупору і вода поступає лише з боку стінок. У недоконаній споруді дно не доведене до водоупору і вода поступає не лише з боку стінок, але і з боку дна. Розрахункові формули припливу води до цих споруд будуть різні.

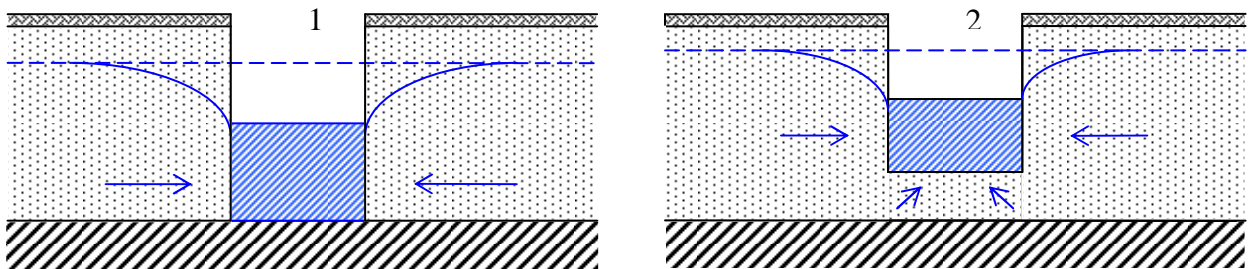


Рис.16 – Типи водозабірних споруд: 1 – dokonана, 2 – nedokonana

ЛЕКЦІЯ 8. ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ. ОСНОВИ ГРУНТОЗНАВСТВА

Питання:

1. Предмети та задачі інженерної геології.
2. Класифікація ґрунтів за будівельними властивостями.
3. Фізико-механічні характеристики ґрунтів.
4. Гранулометричний склад ґрунтів.

1. Предмети та задачі інженерної геології

Інженерна геологія – прикладна галузь геології, що вивчає верхні шари земної кори, фізико-механічні властивості порід (грунтів), зв'язки із зведенням будівель та інженерних споруд. Крім того, інженерна геологія вивчає процеси і явища, що відбуваються у верхніх шарах земної кори і впливають на стійкість будівель та інженерних споруд.

Інженерна геологія виникла в 20 роках 20 століття. Особливістю інженерної геології є її тісний зв'язок з механікою ґрунтів, гідродинамікою, фізикою, фізичною і колоїдною хімією, математикою і так далі.

В її склад входять наступні дисципліни: ґрунтознавство – вчення ґрунтів та їх властивості; механіка ґрунтів – вчення про стійкість і міцність ґрунтів; вчення про геологічні процеси; спеціальна інженерна геологія (військова, дорожня, будівельна); інженерна геодинаміка; мерзлотознавство; лісознавство; морська інженерна геологія і так далі.

До основних завдань прикладної (будівельної) інженерної геології відносяться: вибір місця, найбільш сприятливого в геолого-гідрогеологічному відношенні для даного будівництва; встановлення фізико-механічних властивостей ґрунту для вибору найбільш раціонального типу і конструкції фундаменту; вивчення природних екзогенних та інженерно-геологічних процесів і явищ для боротьби з ними й поліпшенню території будівництва.

2. Класифікація ґрунтів за будівельними властивостями

Ґрунт в інженерно - геологічному розумінні – це будь-яка гірська порода, що вивчається як основа будівель та інженерних споруд або як матеріал для зведення будівель і інженерних споруд. Розділ інженерної геології, що вивчає фізико-механічні властивості ґрунтів називається ґрунтознавство.

Залежно від генезису, наявності структурних зв'язків, складу і будівельних властивостей ґрунти, підрозділяються на 2 класи: клас скельних ґрунтів та клас нескельних ґрунтів.

Скельні ґрунти – це магматичні, метаморфічні і деякі осадові гірські породи з жорстким зв'язком між частками: граніти, базальти, гнейси, мармур, піщаники, конгломерати, вапняки та ін.

Скельні ґрунти залягають у вигляді суцільного масиву або тріщинуватого шару. Вони володіють високою міцністю, практично водонепроникні і нестискувані. Вода в скельних грантах може пересуватися лише по тріщинах, якщо вони є.

До основних характеристик скельних ґрунтів відносяться: межа міцності при одноосновному стискуванні у водонасиченому стані; міра вивітрілості; міра розчинності у воді.

Головна характеристика – міра міцності скельних ґрунтів при одноосновному стискуванні у водонасиченому стані (R). Найбільшою міцністю володіє магматичні і метаморфічні породи ($R=80-400$ МПа), в скельних осадових ґрунтах R від 6 до 120 МПа.

Тріщинуваті скельні ґрунти виділяють в підгрупу напівскельні ґрунти. Для цієї підгрупи скельних ґрунтів найбільш ваговою характеристикою, що впливає на стійкість будівель і інженерних споруд, є коефіцієнт порожнистості тріщини ($K_{тр}$):

$$K_{тр} = \frac{F_{тр}}{F_{ог}} 100\%$$

де F_T - сумарна площа тріщин в оголенні: $F_T = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n$,

$F_{ог}$ - площа всього оголення.

Напівскельні ґрунти діляться на: слабо тріщинуваті (<2%), середньотріщинуваті (2-5%), сильнотріщинуваті (5-10%), весьматріщинуваті (10-20%), виключно сильнотріщинуваті (>20%).

В цілому скельні ґрунти мають, як правило, високу міцність і стійкість, і є надійною підставою для будівель і інженерних споруд.

Нескельні ґрунти (крупноуламкові, піщані, пилувата-глинисті, біогенні, рослинні шари, техногенні) – це ґрунти без жорстких структурних зв'язків.

Крупноуламкові, піщані, пилувата-глинисті ґрунти є основними і підрозділяються за гранулометричним складом.

Крупноуламкові ґрунти – це осадові незцементовані скупчення уламків розміром більше 2 мм. Для них характерна повна відсутність структурних зв'язків. За гранулометричним складом крупноуламкові ґрунти поділяються на: валуни – маса часток більше 200 мм складає 50 %; галечникові – маса часток 200-40 мм складає більше 50%; гравієві – маса часток 2-40 мм складає більше 50%.

Міцність крупноуламкових порід залежить від мінералогічного складу уламків і від щільності їх укладання. Найміцніші мають уламки магматичних порід. Ці ґрунти володіють часто великою водопроникністю і не піддаються ущільненню. У водонасиченому стані слабо чинять опір сейсмічним явищам. Вони, як правило, є надійною основою будівель і споруд, але часто потрібні заходи щодо дренажу підземних вод.

Піщані ґрунти – це сипкі в сухому стані ґрунти, що містять менше 50% по масі часток більше 2 мм і не володіють пластичністю. Розмір піщаних часток вагається від 2 до 0,05мм. За гранулометричним складом піщані ґрунти поділяються на: гравелисті – маса часток більше 2 мм складає 25%; грубозернисті – маса часток більше 0,5 мм складає більше 50%; середньозернисті – маса часток 0,25 мм складає більше 50%; дрібнозернисті – маса часток більше 0,1 мм складає більше 75%; тонкозернисті – маса часток більше 0,1 мм складає 75%.

Піщані ґрунти володіють високою водопроникністю і під тиском трохи ущільнюються. Найбільшою міцністю володіють піски, що складаються з кварцу, польових шпатів і слюди. В більшості своїй піщані ґрунти – надійна підстава будівель і споруд. Але часто обводнюються і вимагають заходи щодо дренажу.

Пилувата – глинисті ґрунти – це осадові незцементовані зв'язні ґрунти, для яких число пластичності більше або рівне 1. У глинистих ґрунтах переважає глинисті та пилуваті частки, які обумовлюють їх зв'язність.

Виділяють два різновиди: пилувата (0,05-0,005мм) – ліс, лісоподібний суглинок; глиниста (<0,005 мм) – глина, суглинок, супісок.

Ці ґрунти можуть досить значно міняти свої фізико-механічні властивості залежно від їх вологості. До специфічних властивостей глинистих ґрунтів відносять: пластичність, набухання, усадка, розмокання, клейкість, стисливість, міцність і корозійну активність.

У розглянутій класифікації виділені в самостійні види мули, сапропелі, заторфовані ґрунти.

Мули мають специфічні особливості котрі різко погіршують їхні інженерно-геологічні властивості та знижують їхню несучу спроможність.

До мулів відносять перезволожені, глинисті утвори на початковій стадії формування глинистих ґрунтів за участю мікробіологічних процесів. Мули - це переважно морські відклади. Вони відрізняються: високою стисливістю; повільним протіканням ущільнення під навантаженням; реологічними властивостями (повзучістю); надто низькою міцністю; анізотропією міцностних, деформаційних, фільтраційних, реологічних характеристик; здатністю перетворюватися в рідоту при динамічних діях (удари, рух транспорту, сейсмічні впливи).

Безпосередньо на мули обпірати будинки та споруди не можна, вони за своїми властивостями не можуть служити природними основами. Застосовують палі, піщані подушки та ін.

Сапропелі - це прісноводні мули, які утворились на дні озерних водоймищ за рахунок продуктів розпаду рослинних та тваринних організмів і вміщують більше 10% органічної речовини у вигляді гумусу та рослинних залишків. Коефіцієнт пористості сапропелів зростає із збільшенням вмісту органічної речовини і змінюється від 3 до 30 одиниць, показник текучості більше одиниці. Вміст фракцій більше 0,25 мм не перевищує 5%. До заторфованих відносяться піщані та глинисті ґрунти, які вміщують у своєму складі від 10 до 50% органічних речовин.

Серед осадових незцементованих ґрунтів виділяють тип органічних, основним представником яких є торф.

Торф - органічна гірська порода, що утворюється внаслідок відмирання і неповного розпаду болотних рослин в умовах підвищеної вологості при недостатчі кисню. Це волокнистий сильно стислий ґрунт буро-чорного кольору здатний утримувати в собі велику кількість води.

У торфах повільно продовжується мінералізація органіки.

Заторфовані ґрунти та торфи відрізняються великою і тривалою стисливістю (внаслідок продовження процесів мінералізації та повзучості скелета), суттєвою мінливістю та анізотропією міцносних, деформаційних та фільтраційних характеристик.

Торфи, як і мули, не можуть служити природними основами будинків та споруд. При будівництві на торфах необхідно здійснювати спеціальні заходи для забезпечення пожежної безпеки і з метою ліквідації несприятливих для фундаментів умов (вибирання торфу, палі, піщані палі-дрени і т. ін.).

Рослинні шари (поверхневі ґрунти) - це особливі природні утвори, які відрізняються від інших осадових гірських порід за умовами утворення. У них завжди присутня органічна речовина, виділяються певні генетичні горизонти з різною структурою.

Рослинні шари за зерновим складом є суглинками або супісками. За визначенням В. В. Обручева, рослинні шари слід розглядати як зовнішні (або денні) горизонти гірських порід, які змінились під сумісним впливом води, повітря та різного роду організмів. Потужність рослинного шару, як правило, складає 40-50 см.

Рослинні шари внаслідок розмокання, невеликої міцності не використовуються як основи за винятком похованих рослинних шарів, які залягають у товщі інших порід. Оскільки поховані рослинні шари значний час знаходяться під тиском, вони за своїми властивостями близькі до уміщуючих їх порід.

Клас техногенних (штучних) ґрунтів підрозділяється в залежності від характеру діяння людини: змінені в природному заляганні, насипні та намівні ґрунти.

За способом перетворення ґрунтів у природному заляганні виділяють ґрунти, змінені фізичним впливом (ущільнення піщаних ґрунтів трамбуванням, укоченням, осушенням, вібрацією, кольматацією та ущільнення глинистих ґрунтів і рослинних шарів за допомогою електроосмосу, поверхнево-активних речовин, розморожування) та ґрунти, змінені фізико-хімічним впливом (закріплення ґрунтів ін'єкцією хімічних речовин).

Насипні ґрунти можуть спеціально створюватися у будівельних цілях (ґрунтові подушки, насипи, дамби та ін.) або утворюються внаслідок виробничої та культурно-побутової діяльності людини. Значне розповсюдження мають культурні шари, накопичення яких відбувається у відвалах при благоустрої територій, проведенні земляних робіт та ін.

Можливість використання насипних ґрунтів як основ споруд повинна розглядатись у кожному випадку конкретно в залежності від потужності шару, щільності, складу і т.д. Що стосується звалищ, то зводити на них споруди частіше за все неможливо.

Гідравлічний спосіб улаштування намівних ґрунтів забезпечує високу щільність, близьку до природної. Такі ґрунти, як правило, надійні основи будинків та споруд.

3. Фізико-механічні характеристики ґрунтів

Фізичні та механічні характеристики ґрунтів дають кількісне уявлення про властивості, які необхідні для розрахунків стану і прогнозу поведінки ґрунтів під навантаженням в тих чи інших умовах. Фізичні характеристики дають уявлення про стан ґрунтів у природі, а механічні - про їхню поведінку під навантаженням.

Фізичні характеристики властивостей ґрунтів поділяють на дві групи: основні, які визначаються дослідним шляхом на основі лабораторних або польових дослідів; розрахункові, які визначаються розрахунком на основі перших.

Дослідним шляхом визначаються: питома вага часточок ґрунту, питома вага ґрунту, вологість, границі пластичності, коефіцієнт фільтрації. Усі інші характеристики визначаються розрахунком.

Питома вага – вага одиниці об'єму ґрунту в природному стані (з урахуванням пор і заповнення їх водою)

$$\gamma = \frac{G}{V},$$

де G - вага ґрунту, V - об'єм ґрунту.

Питома вага частинок ґрунту – вага одиниці об'єму ґрунту в абсолютно щільному стані (або питома вага мінеральних часточок)

$$\gamma_s = \frac{G_s}{V_s},$$

де G_s - вага твердих часточок, V_s - об'єм твердих часточок.

Вологість – вміст води в ґрунті в долях одиниці від ваги мінеральної частини

$$w = \frac{G_w}{G_s},$$

де G_w - вага води, V_s - об'єм твердих часточок.

Вологість на границі пластичності – вологість, при якій ґрунт переходить із твердого стану в пластичний (w_p).

Вологість на границі текучості – вологість, при якій ґрунт переходить із пластичного стану в текучий (w_L).

Коефіцієнт фільтрації – швидкість фільтрації води в ґрунті при напірному градієнті, який дорівнює одиниці.

Питома вага сухого ґрунту – вага одиниці об'єму ґрунту у висушеному стані.

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}.$$

Пористість – доля, яку складає об'єм пор від загального об'єму.

$$n = 1 - \frac{V_d}{V_s}.$$

Коефіцієнт пористості – доля, яку складає об'єм пор від об'єму мінеральної частини ґрунту.

$$e = \frac{V_s}{V} (1 + w) - 1.$$

4. Гранулометричний склад ґрунтів

Ґрунти є багатофазними системами (одно-, двух-, трифазні).

Однофазним вважається ґрунт, який складається з твердої фази, а в порах ґрунту знаходиться повітря (газова фаза). Оскільки повітря не надає вплив на фізико-механічні властивості ґрунтів, то їх називають однофазними.

Двофазним вважається ґрунт, який складається з твердої фази, а пори ґрунту повністю заповнені водою (рідка фаза). Тобто двофазний ґрунт – водонасичений ґрунт.

Трифазним вважається ґрунт, який складається з твердої фази, а пори його частково заповнені повітрям (газова фаза), а частково водою (рідка фаза). Але при цьому газова фаза робить вплив на фізико-механічні властивості ґрунту. Трифазні ґрунти найчастіше зустрічаються в природі. Для оцінки стану нескельних ґрунтів і їх будівельних властивостей визначають їх фізико-механічні властивості і гранулометричний склад, що впливає на ці властивості.

Гранулометричний склад – це вміст по масі часток ґрунту різної величини по відношенню до загальної маси абсолютно сухого ґрунту. Або – це процентний вміст по масі часток різного розміру в ґрунті.

Гранулометричний склад не є фізико-механічною характеристикою ґрунту, але впливає на його фізико-механічні властивості.

Існує багато способів визначення гранулометричного складу: для великоуламкових та піщаних ґрунтів його проводять ситовим методом, для глинистих ґрунтів аерометричним, для визначення гранулометричного складу пилувата – глинистих ґрунтів – метод Рутковського.

ЛЕКЦІЯ 9. ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ЯВИЩА

Питання:

1. Просадка.
2. Суфозія та карст.
3. Зсуви та обвали.
4. Пливуни.

Процеси, що виникають у породах певного складу та походження, тривалість прояву яких можна порівняти з тривалістю служби споруд, називаються інженерно-геологічними.

Характерною особливістю інженерно-геологічних процесів є їхній найтісніший зв'язок з інженерною діяльністю людини, але деякі з них можуть протікати і без цього зв'язку.

Інженерно-геологічні процеси бувають причиною деформацій будівель і споруд, а іноді і повного їх руйнування. Але, на відміну від такого геологічного явища, як землетрус, вони можуть бути відвернуті людиною.

Інженерно-геологічні процеси розділяються на дві великі групи: ті, що відбуваються із зміною об'єму порід та ті, що пов'язані з їхнім рухом (течією).

До першої групи відносяться: ущільнення порід внаслідок збільшення тиску; просадковість в лесових ґрунтах; набухання та усадка глин; суфозія та карст; морозне здимання ґрунтів.

До другої групи відносяться: видавлювання порід з-під підосви фундаментів; зсувні процеси; зрушення гірських порід.

1. Просадка

Просадка – це здатність деяких ґрунтів при стійкому зволоженні зменшувати свої об'єми і деформуватися.

До просідаючих порід відносяться леси та лесоподібні суглинки, супіски та глини, деякі види покривних суглинків і супісків, а також в окремих випадках дрібні та пилюваті піски з підвищеною структурною міцністю,

насипні глинисті ґрунти, відходи промислових підприємств, попільні відклади та ін.

Просідаючі породи та основні їх представники - лесові ґрунти –широко розповсюджені в Україні (займають більше 80% її території).

Ці ґрунти мають дуже високу пористість, досягаючи 60-65% і низьку природну вологість.

Лесові ґрунти за гранулометричним складом містять більше 50% пилюватих (розміром 0,05 - 0,005 мм) частинок, легко- та середньо-розчинні солі і карбонати кальцію. Характерні ознаки цих ґрунтів: палевий (світло-жовтий) колір, велика пористість (часто помітна неозброєним оком), борошністість на дотик. Особливістю лесів є їхня здатність просідати (опускання поверхні) при замочуванні внаслідок доущільнення. Лесові ґрунти легко розмокають і розмиваються, а при повному водонасиченні можуть переходити в пливунний стан.

У сухому стані леси відзначаються великою міцністю і можуть слугувати надійними основами, але при замочуванні можуть викликати просідання, часто нерівномірні, на схилах - зсуви.

Умови, що необхідні для прояву просідання:

- 1) наявність навантаження, здатного при зволоженні перевищити сили зчеплення ґрунту;
- 2) достатнє зволоження, при якому в значній мірі знижується міцність ґрунту.

Просадочність лесових порід пояснюється їх високою пористістю і розпадом під впливом води зв'язків між частинками. Внаслідок цього лесові породи втрачають свою природну структуру і ущільнюються.

Для оцінки ступеня просадковості ґрунтів застосовуються спеціальні кількісні показники: відносне просідання ($\delta_{\text{пр}}$), початковий просідаючий тиск ($p_{\text{пр}}$) та початкова просідаюча вологість ($w_{\text{пр}}$).

Відносне просідання показує частку, яку складає величина просідання від початкової потужності шару ґрунту.

Відносне просідання визначають за формулою

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{h - h_1}{h_0},$$

де h – висота зразка породи природної структури і вологості, h_1 – висота того ж зразка при додатковому замочуванні і збереженні того ж самого тиску; h_0 – висота зразка природної вологості при тискові від власної ваги ґрунту.

Ґрунт вважається просадним при $\delta_{\text{пр}} > 0,01$.

За величиною $\delta_{\text{пр}}$ виділяють 2 типи ґрунтових умов за просадочністю:

1 тип - $\delta_{\text{пр}} < 5$ см; 2 тип - $\delta_{\text{пр}} > 5$ см.

Під початковим просідаючим тиском ($p_{\text{пр}}$) розуміють мінімальний тиск, при якому проявляються просадкові властивості ґрунту в умовах його повної водонасиченості.

Початковий просідаючий тиск може змінюватись у широких межах ($p_{\text{пр}} = 20\text{-}300$ кПа).

1 тип - $p_{\text{пр}} - 0,13\text{-}0,2$ МПа;

2 тип - $p_{\text{пр}} - 0,08\text{-}0,12$ МПа.

Під початковою просідаючою вологістю ($w_{\text{пр}}$) розуміють вологість, при якій просідаючі ґрунти, що знаходяться під навантаженням, починають проявляти просадкові властивості.

Просадкові явища в лесових та інших просідаючих ґрунтах протікають по-різному в залежності від конкретних гідрогеологічних умов.

Основні джерела замочування і підвищення вологості просідаючих ґрунтів такі: витікання із комунікацій і технологічних пристроїв; атмосферні опади; фільтрація води із зрошувальних каналів; зміна умов аерації при забудові територій; підвищення рівня ґрунтових вод та ін.

Для боротьби з просідаючими ґрунтами використовують попереджувальні заходи (оберігання порід від замочування), конструктивні (підвищення жорсткості будівель й споруд) та заходи, пов'язані з ліквідацією просадкових властивостей ґрунтів.

2. Суфозія та карст

Суфозія – процеси винесення частинок ґрунту рухомою водою (механічна суфозія), розчинення порід та винесення розчинів (хімічна суфозія або карст).

Механічна суфозія – механічне вимивання часток породи, найчастіше піщаної, текучою підземною водою (рис.17).

У процесі фільтрації води в порах ґрунтів їхні частинки зазнають діяння гідродинамічного тиску. Напрямок дії цього тиску збігається з напрямком руху води. Рух води не завжди приводить до винесення частинок, це залежить від багатьох факторів, головні із яких такі: розміри пор та частинок, мінералогічний склад, швидкість фільтрації води, гідродинамічний напір.

Механічна суфозія являє собою дуже небезпечне явище, бо нерідко вона спричиняє до виникнення зсувів, викликає нерівномірну осадку будинків тощо.

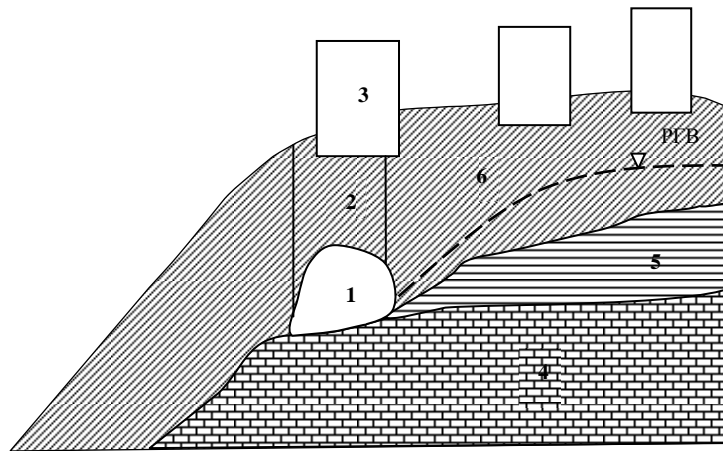


Рис. 17 – Процес суфозії: 1 – суфозійна порожнина, 2 – зона провалу, 3 – будівля, 4 – лесова порода, 5 – водотривка глина, 6 – вапняк

При визначенні заходів боротьби з суфозією необхідно перш за все припинити рух води через масив гірської породи. Для цього застосовується тампонаж порід твердіючими розчинами, улаштовуються дренажі, протифільтраційні завіси і т.і.

Карст (хімічна суфозія) - геологічні явища, пов'язані з частковим розчиненням та розмивом водою гірських порід і утворенням у них крупних ходів та порожнин (рис. 18).

Карст займає більше 50 млн. км² поверхні Землі.

Інтенсивному карстуванню підпадають карбонати (вапняки, крейда, доломіти), сульфати (гіпси, ангідрити), галоїди (кам'яна сіль).

Для карсту недостатньо наявності розчинних порід. Необхідна умова розвитку карсту - переміщення води та інтенсивна тріщинуватість. Значну роль також відіграють морфологія і клімат місцевості, глибина та умови залягання порід, хімічний склад і температура вод.

Заходи щодо запобігання розвитку карсту:

1. Для недопущення попадання в карстуючі гірські породи талих та дощових вод: планування території (забезпечення стоку води); спорудження зливової каналізації; покриття оголених поверхонь жирною глиною, цементним розчином, асфальтування та ін.; улаштування дренажних мереж.

2. Зміцнення карстуючих порід нагнітанням у тріщини рідкого скла, глинистих та цементних розчинів, гарячого бітуму.

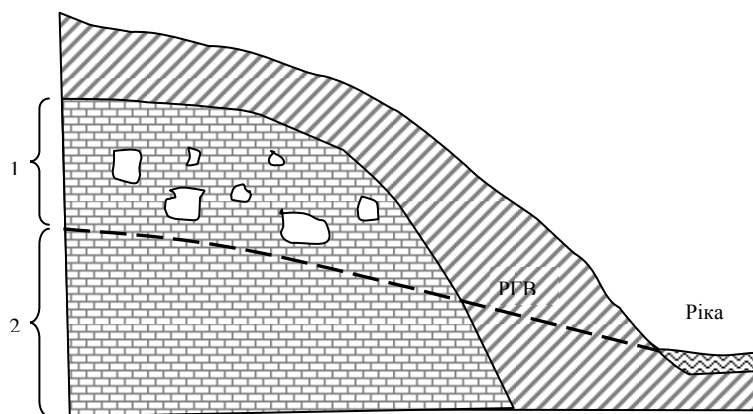


Рис. 18 – Процес карстоутворення: 1 – зона карстоутворення,
2 – зона цементації

3. Зсуви та обвали

Обвали – це раптове обвалення мас гірських порід з перекиданням і дробленням під дією сили тяжіння, текучості вод, вивітрюванні і господарській діяльності людини.

У морфологічній схемі обвалів виділяють: область відриву порід, область руху мас гірських порід, область відкладення продуктів обвалення.

Обвали найчастіше спостерігаються в гірських районах, де є схили з ухилами не менше 45° – 50° або за наявності нависаючих карнизів. Спостерігаються порівняно малі обвали в будівельних котлованах, кар'єрах, траншеях і так далі.

Для боротьби з обвалами використовують попереджувальні та інженерні заходи. Головне місце серед попереджувальних заходів займає вибухові і клинові роботи. Інженерні заходи включають штучне зміцнення обвальних масивів. Всі ці заходи застосовуються по відношенню до малих і середніх за об'ємом обвалів. З великими обвалами інженерних заходів немає.

Зсуви - більш - менш повільне зміщення земляних мас униз по схилу під впливом сили тяжіння (рис. 19). Зсуви мають місце у тих випадках, коли виникаючі з тих чи інших причин у масі ґрунту поблизу укосу зсувні (дотичні) напруження стають вищими за напруження, яким може протистояти ґрунт. Зсуви завжди загрожують усім видам інженерних споруд.

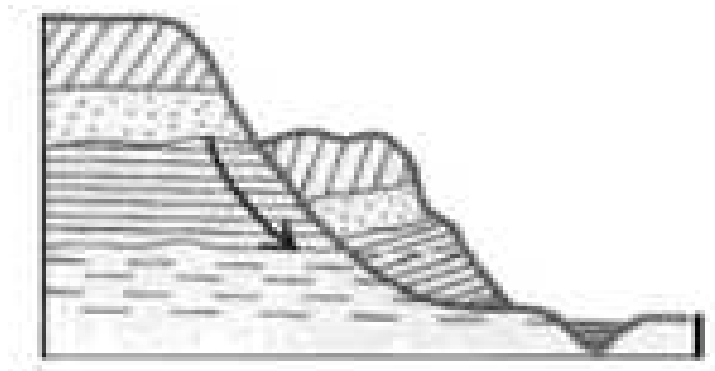


Рис.19

Заходи щодо боротьби зі зсувами можуть бути направлені як на збереження, так і на поліпшення природних властивостей і напруженого стану ґрунтів.

Збереженню механічних властивостей ґрунтів сприяє регулювання поверхневого стоку (улаштування зливової каналізації, нагірних каналів, протифільтраційне одягання укосів), запобігання витоку із водопровідних та каналізаційних мереж.

Для збереження напруженого стану укосів недопустиме підрізання їх при влаштуванні шляхів; велике значення мають берего- та дноукріплювальні роботи в межах ділянки, що прилягає до схилу дна ріки або моря. Недопустимо зводити важкі споруди в межах верхньої частини схилів та поблизу їхньої верхньої бровки.

Поліпшити механічні властивості ґрунтів на схилі можна за допомогою осушення (дренаж, електроосмос, випалювання). Щоб змінити напружений стан порід, що складають схили, в сприятливу сторону корисно зменшити крутизну укосів. У тих випадках, коли видалити породи з верхньої частини неможливо (при наявності тих чи інших споруд), роблять завантаження нижньої частини схилу породами, які доставляються з кар'єру. Для утримання ґрунтів від зсуву застосовують підпірні стінки, удержуючи пальові конструкції, анкерні пристрої.

4. Пливуни

Гідродинамічні процеси, що відбуваються в пухких гірських породах, приводять інколи до виникнення пливунності (утворення пливунів).

Пливуни – переважно піщані ґрунти, що проявляють рухомість при певних гідродинамічних умовах.

В деяких породах пливунні властивості дуже стійки, а в інших при зниженні їх вологості пливунні властивості зникають. Тому всі пливуни поділяються на справжні та несправжні.

Несправжні пливуни – це звичайні дрібні та пилюваті піски, що знаходяться у зваженому стані, в результаті наявності деякого гідравлічного або напірного градієнта.

Характерною особливістю несправжніх пливунів є досить легка віддача ними води. При висиханні вони утворюють рихлу або слабозцементовану масу.

Справжні пливуні пов'язані з присутністю в породі гідрофільних ультраколоїдних частинок (діаметр $< 0,0002$ мм), що знаходяться на поверхні піщаних частинок. В період спокою справжній пливун являє собою звичайно таку щільну масу, що важко піддається розробці лопатою і вільно витримує певне стиснення без помітних ознак осадки. Але, як тільки такий пливун виводиться з стану спокою, що постійно буває при його розробці, він легко розріджується, перетворюючись у важку в'язку рідину, що повільно заповнює котлован.

У справжніх пливуніх більша частина води знаходиться у зв'язаному стані, отже її усунути її надзвичайно важко і через це боротьба з такими пливуніми набагато трудніша, ніж з несправжніми пливуніми.

Головні специфічні властивості пливунів такі: приходять у пливунний стан при дуже низьких значеннях гідродинамічного тиску; погано віддають воду (вода каламутна, з мулистими частинками); при висиханні маса справжніх пливунів твердіє (за рахунок колоїдних зв'язків); перетворюються в рідину при невеликій вологості (приблизно 0,30); володіють властивостями тиксотропії.

Якщо інженерно-геологічними вишукуваннями виявлені пливуні, то застосовуються такі заходи: проходка пливунів палями або іншими фундаментами глибокого закладення; попереднє осушення пливунів: при коефіцієнті фільтрації $k_f > 1$ м/добу (псевдопливуни) для цього застосовують відкачування води із свердловин, при $k_f = 0,2-1$ м/добу - голкофільтри, а при $k_f < 0,2$ м/добу - електроосушення; зведення перепон на шляху виходу пливуну в котлован за допомогою шпунтового огороження або заморожування ґрунту.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ГАВРИЛЮК Ольга Володимирівна

Конспект лекцій
з дисципліни

«Інженерна геологія»

(для студентів 2 курсу усіх форм навчання напряму підготовки
6.060101 «Будівництво»)

Редактор *О. М. Монтян*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2010, поз. 3Л

Підп. до друку 16.09.11р.
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60x84 /16
Ум. друк. арк. 2,5
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №4064 від 12.05.2011р.